This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

HDI
HW 1EWY R

BIOL
1200
St86

HARVARD UNIVERSITY

HARVARD UNIVERSITY

WIDENER LIBRARY

LIBRARY OF THE
BIOLOGICAL LABORATORIES

A Gift from Oakes Ames
September 18, 1936

DISPOSED OF BY
LIBRARY OF THE
BIOLOGICAL LABORATORIES
HARVARD UNIVERSITY

Digitized by Google

C411

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Ueber

BEFRUCHTUNG

und

Zelltheilung

von

Dr. Eduard Strasburger,
Professor an der Universität Jena.

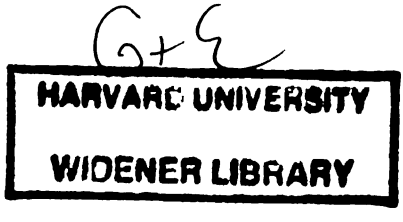
Mit 9 Tafeln.

[redacted]

Jena,
Verlag von Hermann Dabis.
1878.

Digitized by Google

BIOLOGICAL LABORATORIES LIBRARY
HARVARD UNIVERSITY



Digitized by Google

Vorwort.

Durch meine Untersuchungen über Zellbildung und Zelltheilung wurde ich auf das Gebiet der Befruchtungsvorgänge geführt und behandelte dieselben daher schon in der zweiten Auflage meines Zellen-Buches. Freilich war ich dabei genöthigt, mich zum grössten Theil auf fremde Untersuchungen zu stützen. Namentlich für die Metaspermen fehlte mir jede eigene Erfahrung, so dass ich mir vornahm, eingehende Untersuchungen auf diesem Gebiete anzustellen. Dieses that ich nun im Lauf der letzten Monate und gelangte zu theilweise ganz neuen, oft sehr überraschenden Resultaten, wie ich solche auf Grund der vorhandenen Arbeiten jedenfalls nicht erwartet hatte. Der Kreis meiner Untersuchungen dehnte sich jetzt aber mehr denn beabsichtigt wurde aus. Statt mich an den Befruchtungsvorgang allein zu halten, musste ich auch die vorausgehenden Zustände einem eingehenden Studium unterwerfen.

Die allgemeinen Gesichtspunkte welche mich zu der Untersuchung der Metaspermen veranlasst hatten, führten dann weiter dazu, meine Beobachtungen auch auf einige andere Abtheilungen des Pflanzenreichs auszudehnen und von diesen die Beantwortung ganz bestimmter Fragen zu verlangen.

Da es sich aber um Vorgänge handelte, welche Thieren und Pflanzen gemeinsam sind, so mussten auch wieder die neuesten Arbeiten der Zoologen berücksichtigt und einer kritischen Durchsicht unterworfen werden.

Die allgemeinen Vorstellungen zu denen ich auf diesem Wege gelangte, wird man in den letzten Abschnitten dieser Abhandlung zusammengestellt finden.

Digitized by Google

Die vorgenommenen Untersuchungen zwangen mir aber wiederholt erneuerte Beobachtungen über Zelltheilung auf. Ich habe dieselben im Anhange zusammengestellt. Ich bitte dort nach besonders neuen Ergebnissen nicht zu suchen, wohl aber nach solchen, die das früher von mir Veröffentlichte ergänzen oder besser illustriren können.

Jena, Anfang August 1877.

Eduard Strasburger.

Digitized by Google

Die Copulationsvorgänge bei Spirogyra.

Zur Untersuchung sehr geeignet erschien mir eine Form, die ich als Spirogyra quinina bestimmt habe. Zwar liegt der Zellkern, auf den es mir besonders ankam, bei jener Art excentrisch, meist der Innenseite eines Chlorophyllbandes an, ist aber doch leicht zu beobachten, während das einzige Chlorophyllband auch sonst die übrigen Verhältnisse des Zellinhaltes nur wenig deckt.

Die Vorgänge der Copulation bei Spirogyren sind hinlänglich bekannt; brauche ich doch nur an die Untersuchungen de Bary's an dieser Stelle zu erinnern. Das Verhalten des Zellkernes blieb aber auch de Bary ungewiss und dies veranlasste mich, die Untersuchung nochmals aufzunehmen.

Die rein vegetativen Zellen (Taf. I, Fig. 1) der von mir untersuchten Spirogyra waren im Durchschnitt 0,06 Mm. lang und 0,03 Mm. breit. Das Chlorophyllband machte 3 bis 4 Umgänge in jeder Zelle. Die copulirenden Zellen (Fig. 2–8) zeigten sich oft etwas kürzer und, wenn dem weiblichen Faden zugehörig, auch aufgedunsen.[1])

Die trichterförmige Verbindung der copulirenden Zellen, die Verflüssigung der sie trennenden Scheidewände, der Uebertritt des Inhaltes erfolgt so, wie er schon vielfach geschildert wurde; ich bitte, das Nähere bei de Bary nachzulesen. Um die betreffenden Vorgänge zu verfolgen, bediente ich mich einer feuchten Kammer, d. h. eines kleinen, mit Wasser getränkten Papprahmens, dem das Deckglas aufgelegt wurde. In dem suspendirten Tropfen auf der Innenseite des Deckglases haben sich die Spirogyren oft Tage lang gesund erhalten und liessen ihre Copulation leicht verfolgen. Wenn ich hingegen copulirende Zellen direct auf dem Objectträger mit

[1]) Conjugaten 1858, p. 3. Vergl. dort auch die Literatur.

Digitized by Google

einem Deckglas überdeckte, so wurde der weitere Verlauf ihrer Entwicklung regelmässig sistirt und die Pflänzchen gingen rasch zu Grunde.

Die zur Copulation sich anschickenden, bereits durch ihre Fortsätze verbundenen Zellen, zeigen, noch vor jeder Contraction ihres Inhaltes, minder deutliche Contouren an ihrem Chlorophyllbande und reicheren Stärkeeinschluss in demselben.

Zunächst contrahirt sich meist die männliche Zelle, die weibliche erwartet sie oft fast unverändert; oder es contrahiren sich gleichmässig beide Zellen vor der Vereinigung; nur ganz selten contrahirt sich die weibliche früher als die männliche.

Der Vorgang wird eingeleitet durch das Auftreten von Vacuolen veränderlicher Grösse im Wandbeleg aus Protoplasma; fast gleichzeitig beginnt dieser Wandbeleg sich an den Ecken von seiner Cellulosehülle zurückzuziehen. Der Zellkern und dessen Kernkörperchen werden inzwischen blasser und entschwinden schliesslich der Beobachtung. Am besten lässt sich dieses Schwinden des Zellkernes während des Copulationsactes selbst verfolgen, wenn man für die Beobachtung desselben Fälle wählt, wo die männliche Zelle, bereits kernlos und contrahirt, einer fast noch unveränderten weiblichen Zelle gegenüber steht (Fig. 4). In dem Augenblicke nun, wo die übertretende männliche Zelle die weibliche erreicht (Fig. 5) und mit ihr verschmilzt, treten in dem Wandbeleg letzterer, von der Verschmelzungsstelle aus beginnend, zahlreiche, ihre Grösse ununterbrochen verändernde Vacuolen auf; sie erfüllen alsbald das ganze Protoplasma. Der Zellkern der weiblichen Zelle wird gleichzeitig durchsichtig und man sieht kleine Körner in dessen Umkreis sich lebhaft bewegen; in dem Augenblicke aber, wo er von den Vacuolen des Wandplasma erreicht wird, sieht man ihn sammt seinem Kernkörperchen zerfliessen (Fig. 6).

Die Vereinigung der beiden Zellen ist meist in wenigen Minuten vollendet. Die Hautschicht der einen Zelle verschmilzt mit der Hautschicht der andern, ebenso das Körnerplasma beider Zellen; auch haben sich, wie de Bary bereits bemerkte[1]), die beiden Chlorophyllbänder an ihren Enden vereinigt. Die Zellkerne beider Zellen sind aber aufgelöst worden: das Copulationsproduct ist kernlos.

Dieses Copulationsproduct will ich hier als Zygote bezeichnen,

[1]) l. c., p. 3.

Digitized by Google

um so die Zusammensetzung des Wortes mit „Spore" zu vermeiden. — Die Zygote entspricht einem Product aus Ei und Spermatozoid und darf daher nicht länger die Bezeichnung Spore tragen, die auf ungeschlechtlich erzeugte Reproductionszellen angewandt wird und auf diese beschränkt werden müsste.[1]) Die sich mit einander vereinigenden Protoplasmamassen will ich aber Gameten nennen.

Gleich nach vollendeter Vereinigung beider Gameten beginnt sich die Zygote stark zu contrahiren und zwar bis zu völligem Schwinden ihres ursprünglichen Lumens. Diese Contraction ist in einer halben bis einer Stunde vollendet. Die Chlorophyllmassen werden hierbei mehr nach dem Innern zu gedrängt, während die Peripherie von farblosem, schaumigem Protoplasma eingenommen erscheint. Die Zygote ist mehr oder weniger kugelig (Fig. 7). Nach etwa 24 Stunden war die Zygote wiederum vergrössert, sie hatte ellipsoidische Gestalt angenommen und zeigte auch wieder ein mit Zellsaft erfülltes Lumen im Innern (Fig. 8). Die Chlorophyllmassen waren von Neuem bis an die Peripherie gerückt und zeigte sich letztere von einer zarten, doch deutlich doppeltcontourirten Cellulosemembran umgeben.

Bei der von mir untersuchten Art erfolgte die Copulation stets ohne Rest, d. h. der Gesammtinhalt beider copulirenden Zellen wurde in die Zygote aufgenommen. De Bary hat hingegen auch Fälle beobachtet und zwar vornehmlich bei Spirogyra Heeriana, wo ein kleiner, blasenförmiger Inhaltstheil der übertretenden Zelle, jenseits der Querwand, in dem Copulationskanale zurückblieb und somit von der Copulation ausgeschlossen wurde.[2])

Bei der Keimung tritt der Zellkern alsbald wieder auf; de Bary konnte denselben in einzelligen Keimpflänzchen zuweilen, doch nicht in allen Fällen, auffinden. In zweizelligen Keimlingen war er stets vertreten.[3])

Es ist grosse Neigung vorhanden, auch die Vereinigung der amoeboiden Schwärmer bei den Myxomyceten als einen Geschlechtsact aufzufassen; hierfür könnte freilich nunmehr auch das Verhalten ihrer Zellkerne angeführt werden. Cienkowski gibt nämlich

---

[1]) Das Weitere hierüber in einem demnächst in der botan. Zeitung erscheinenden Aufsatze.

[2]) l. c., p. 6.

[3]) l. c., p. 8.

Digitized by Google

an, dass man bei den amoeboiden Schwärmern von Physarum album u. A. m. vor dem Zusammenfliessen deutlich den Nucleus und die contractile Vacuole wahrnehmen könne, dass aber, sobald die Vereinigung in einem Körper erfolgte, an letzterem der Nucleus nicht mehr sichtbar zu machen sei.[1])

Die amoeboiden Schwärmer von Dictyostelium mucoroides verhalten sich, der Brefeld'schen Schilderung zufolge, nicht wesentlich anders; ihre Substanz wird homogener, feinkörniger, ihr Zellkern unsichtbar, wenn sie in den copulationsfähigen Zustand übergehen.[2]) Bei Dyctiostelium geht also das Schwinden des Kernes der Vereinigung voraus, wie übrigens auch bei Spirogyra die übertretende männliche Zelle für alle Fälle kernlos ist, und auch die weibliche ihren Kern nicht mehr aufzuweisen hat, falls sie sich vor Antritt der männlichen Zelle contrahirte.

[1]) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. III, p. 419.

[2]) Abhandl. der Senkenberg. Natur. Gesell. Bd. VII 1869; des Separatabdruckes p. 4.

Digitized by Google

Die Copulationsvorgänge bei Acetabularia.

Diese Pflanze hatte ich Gelegenheit im verflossenen Herbst und Winter in la Spezia und in Nizza zu beobachten. Die Resultate meiner Untersuchungen sollen demnächst in der botan. Zeitung publicirt werden, hier sei nur der Copulation zwischen den schwärmenden Gameten [1]) dieser Pflanze erwähnt. Die Gameten werden in grösserer Anzahl aus dem Inhalte der Dauersporen erzeugt und copuliren nur dann, wenn sie verschiedenen Dauersporen entstammen.

Die Gameten zeigen im Allgemeinen eiförmige Gestalt; ihr vorderes Ende ist zugespitzt und farblos und trägt zwei lange Cilien. Der Körper des Schwärmers führt mehrere Chlorophyllkörner mit Stärkeeinschlüssen und zeigt seitwärts in grösserer oder geringerer Entfernung vom farblosen Ende einen rothen Strich.

Die Copulation erfolgt normaler Weise in der Art, dass zwei Gameten mit ihren farblosen Enden auf einander stossen, dann aber sich rasch gegen einander umlegen und nun mit ihren Längsseiten in Berührung kommen. Bei jetzt erfolgender Copulation verschmelzen die gleichwerthigen Theile beider Schwärmer mit einander. Die Cilieninsertionen liegen dann neben einander und längere Zeit hindurch sieht man die Zygote noch mit ihren vier Cilien schwärmen. Endlich kommt sie zur Ruhe, die farblose Stelle wird eingezogen, die Cilien schwinden, eine Cellulosemembran wird auf der Oberfläche der Zygote kenntlich.

Der eben geschilderte Vorgang der Copulation ist, wie gesagt, der normale; die vorkommenden Ausnahmen wird man seiner

---

[1]) Die Bezeichnung „Sporen" wünschte auch H. Prof. de Bary, mit dessen Aufsatz über Acetabularia der meinige gleichzeitig in der botan. Zeitung erscheinen soll, nach brieflichen Mittheilungen aufgegeben zu wissen.

Digitized by Google

Zeit beschrieben finden; letztere können die Vereinigung der gleichwerthigen Theile erschweren, ich zweifle aber nicht daran, dass sich diese Theile in der Zygote zusammenfinden.

Der Vorgang, wie ich ihn hier als normal geschildert, schliesst sich aber allen anderen, bei den Chlorosporeen beobachteten an. Auch in Pringsheim's Abbildungen der Pandorina Morum [1]) sehe ich die Gameten in der Zygote so vereinigt, dass die Cilien neben einander zu liegen kommen. Dasselbe findet bei Chlamydomonas multifiliis nach Rostafiński [2]), bei Chlamydomonas rostrata nach Garazankin [3]), bei Chlamydomonas Pulvisculus nach Reinhard [4]), bei Urospora penicilliformis, Chladophora sericea und Enteromorpha compressa nach Areschoug [5]), bei Ulothrix zonota nach Cramer [6]) und Dodel-Port [7]) statt. Für Botrydium granulatum sind mir die Angaben von Rostafiński [8]) besonders interessant gewesen, denn er fand, dass die Gameten hier nur mit denjenigen Seiten sich an einander legen, an denen sie je eine farblose Vacuole führen. Ausser der Verschmelzung aller der übrigen gleichwerthigen Theile findet dann auch die Verbindung beider Vacuolen zur Bildung des gemeinsamen Lumens der Zygote statt.

Nur die rothen Striche an den Gameten zeigen keine nähere Beziehung zu der Copulation; weder suchten noch mieden sie sich während der Vereinigung der Gameten, so kommt es denn, dass sie in der Zygote beliebige Lage zu einander einnehmen können, um übrigens für alle Fälle alsbald zu schwinden.

In den Gameten von Acetabularia war nicht die Spur eines Zellkernes nachzuweisen, der übrigens auch der einzelligen Pflanze und ihren Sporen fehlt. Ebenso wenig konnte ich einen Zellkern bei den ungeschlechtlichen Schwärmsporen von Ulothrix finden, wobei mir aber dort wahrscheinlich wurde, dass die Substanz des Zellkernes, der die Sporen erzeugenden Mutterzelle, an der Bildung der farblosen Mundstellen der Schwärmer sich be-

[1]) Monatsber. d. Ak. d. Wiss. in Berlin, 1869.
[2]) Bot. Zeitung, 1871, p. 786.
[3]) Ges. d. Freunde der Naturf. etc. Bd. XVI, 2, 1874.
[4]) Arbeiten der russ. Gesell. d. Naturf. Bd. X, 1876
[5]) Acta Reg. soc. scient. Ser. III, Vol. IX, Upsaliae 1874.
[6]) Vierteljahrsschrift der naturf. Gesellsch. zu Zürich. Bd. XV, Heft 2, 1870.
[7]) Zuletzt Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. X, p. 498, 1876.
[8]) Denkschriften der krakauer Ac. d. Wiss. III. Abth., II. Bd.

Digitized by Google

theilige.[1]) In den keimenden Schwärmsporen von Ulothrix sah ich denn auch diese farblose Protoplasmamasse den Zellkern erzeugen. Bei der Uebereinstimmung, die im Bau der Schwärmsporen und Gameten bei Ulothrix herrscht, glaube ich annehmen zu dürfen, dass auch bei letzteren an der Bildung der farblosen Mundstelle Kernsubstanz sich betheilige. Diese Substanz könnte dann von der Zygote zur Bildung der farblosen Mundstellen der aus ihr hervorgehenden Schwärmer[2]) verwendet werden und bei der Keimung letzterer schliesslich wieder den Kern des Keimlings erzeugen.

Durch die Beobachtung von Reinke[3]) an der den Cutlerien nahestehenden Zanardina collaris wird der Uebergang von der Paarung der Gameten zur Paarung von Spermatozoid und Ei vermittelt. Bei Cutleria unterscheiden sich bereits die schwärmenden Gameten durch ihre Grösse und werden auch in verschiedenartigen Behältern erzeugt. Der grössere weibliche Schwärmer, sehr wohl schon als Ei zu bezeichnen, kommt zur Ruhe, setzt sich seitlich fest, rundet sich ab und zieht seine zwei Cilien ein, wobei seine Mundstelle sich als typischer Empfängnissfleck ausbildet. An diesem dringt alsbald der kleinere, männliche Schwärmer in das Ei; worauf der Empfängnissfleck schwindet und das befruchtete Ei sich mit einer Cellulosehaut umgibt.

[1]) Ueber Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 167.
[2]) Dodel-Port, l. c., p. 533.
[3]) Monatsb. d. Ak. d. Wiss. zu Berlin, Gesammtsitz. v. 16. Oct. 1876.

Digitized by Google

Die Befruchtungsvorgänge bei Marchantia polymorpha.

Die Entwicklungsgeschichte des Archegoniums, die ich bei dieser Gelegenheit nochmals verfolgte [1]), zeigte sich völlig übereinstimmend mit den Angaben E. v. Janczewski's für Preissia commutata. Statt weiterer Beschreibung kann ich daher auf den Aufsatz Janczewski's verweisen [2]), bitte ausserdem meine Figuren 9—17 nebst Tafelerklärung zu vergleichen. Bei der ersten Theilung der Centralzelle zerfällt dieselbe in zwei gleiche Hälften (Taf. I, Fig. 11): in die obere Halskanalzelle und die untere Eizelle. Bei der zweiten Theilung zur Bildung der Bauchkanalzelle rückt der Kern hingegen in das halssichtige Ende der Eizelle und wird von letzterer nur ein kleiner Theil abgetrennt (Fig. 14b).

Um den Befruchtungsact direct verfolgen zu können, führte ich durch die weiblichen Receptacula rasch dünne Schnitte und legte dieselben, ohne sie zunächst anzufeuchten, auf ein Deckglas. Dann wurde ein Tropfen Wasser, in das ich zuvor Antheridien sich hatte entleeren lassen, auf die Schnitte gebracht. Jetzt drehte ich das Deckglas um und legte es mit den Rändern auf einen angefeuchteten Papprahmen.

Die reifen Archegonien, soweit sie durch das Messer nicht beschädigt worden sind, öffnen sich im Wasser sofort. Den Vorgang habe ich schon früher beschrieben. [3]) Zunächst treten die verschleimten Halskanalzellen, dann die verschleimte Bauchkanalzelle nach aussen. Die homogenen Theile des Schleimes vertheilen sich im umgebenden Wasser, dienen zum Einfangen der Spermato-

---

[1]) Vergl. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VII, 1869—70.
[2]) Bot. Zeitung 1872, p. 386.
[3]) l. c., p. 417.

Digitized by Google

zoiden, die körnigen gehen ohne weitere Function langsam zu Grunde. [1])

Gleich nach Entleerung der Bauchkanalzelle hat sich das Ei abgerundet. Es zeigt einen centralen, homogenen Zellkern, dessen Contouren durch Auflagerung vereinzelter, kleiner Körner noch sichtbarer gemacht werden. Der Empfängnissfleck trat bei den diesmaligen Exemplaren weniger scharf als bei den früher untersuchten hervor.

Die Spermatozoiden (Fig. 19), die, durch den Schleim geleitet, zahlreich in den Hals des Archegoniums eintreten, sind ihrer Kleinheit wegen in demselben nicht zu verfolgen und es lässt sich somit auch ihr Eindringen in das Ei nicht sehen. Die ganze Untersuchung der Marchantia wäre somit ohne Werth für mich gewesen, hätte ich bei derselben nicht so schön das Verhalten des Zellkernes während der Befruchtung studiren können. Der Kern bleibt während der ganzen möglichen Befruchtungszeit erhalten, er wird nicht aufgelöst. Um sicher zu gehen, beobachtete ich die Eier ununterbrochen von dem Augenblick an, wo sich das Archegonium geöffnet hatte, bis zu demjenigen, wo kein bewegliches Spermatozoid mehr in dem Tropfen zu finden war. Stunden lang wurde das Präparat dann weiter unter fortwährender Controle gehalten.

Die Schnitte gelang es mir, wie ich sagen kann, zu meiner Ueberraschung, bis zu 14 Tagen lang lebend in der feuchten Kammer zu erhalten.

Wurden den Schnitten die Spermatozoiden nicht zugesetzt, so harrte das Ei unverändert viele Stunden lang der Befruchtung. Nach 24 Stunden fand ich es aber für alle Fälle schon alterirt, vornehmlich getrübt; der Halskanal über demselben war seiner ganzen Länge nach offen geblieben und man konnte ihn auch so zu Grunde gehen sehen, während bei befruchteten Archegonien alsbald die Schliessung des Kanals erfolgt. Diese Schliessung beginnt nach wenigen Stunden; sie trifft zunächst die obere Hälfte des Halses und schreitet von dieser langsam nach dessen Grunde fort (Fig. 20). Nach 10 bis 14 Tagen erscheint aber der obere Theil des Halses desorganisirt und verschrumpft (Fig. 21).

Das befruchtete Ei füllt alsbald den ganzen Bauchtheil des Archegoniums aus und es lässt sich an demselben der Beginn der Celluloseausscheidung bemerken. Die gebildete Zellhaut hat nach einigen Tagen eine nicht unbedeutende Mächtigkeit erreicht,

---

[1]) Vergl. auch Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 296.

Digitized by Google

besonders in den dem Halse zugekehrten Theilen; sie zeigt eine bräunliche Färbung.

Um den Zellkern treten in den der Befruchtung folgenden Tagen immer zahlreicher werdende kleine Stärkekörner (Fig. 20) auf; sie trüben den Inhalt des Eies. Nach 8—10 Tagen sah ich in den Eiern, deren Befruchtung ich direct verfolgt hatte, die erste Theilung.

Die meisten Schnitte waren um diese Zeit noch gesund, ihr Chlorophyll lebhaft gefärbt; die das Chlorophyll führenden Zellen hatten zum Theil kurze, seitliche Auswüchse getrieben; der Bauchtheil des befruchteten Archegoniums erschien etwa bis zur halben Höhe von dem heranwachsenden Perianthium umgeben.

Digitized by Google

Die Pollenkörner der Phanerogamen.

Wie im Allgemeinen bekannt, treten kurz vor dem Verstäuben Theilungen in den Pollenkörnern der Archispermen: Cycadeen, Coniferen und Gnetaceen auf. Es wird von jedem Pollenkorn eine kleine Zelle abgeschnitten, die entweder einfach bleibt, oder auch durch fortgesetzte Theilungen sich in einen kleinen Zellkörper verwandelt. Man hat diese Zellen „vegetative" genannt, mit den ähnlich erzeugten in den Mikrosporen der Selaginellen und Isoëten verglichen und als Prothallium-Rudimente gedeutet. Diese Deutung wurde gestützt durch den gleichzeitig von Juranyi für Cycadeen [1]) und von mir [2]) für Coniferen geführten Beweis, dass sich, entgegen einer älteren Angabe von Schacht [3]), jene vegetativen Zellen an der Pollenschlauchbildung nicht betheiligen.

Juranyi cultivirte die Pollenkörner von Ceratozamia longifolia auf ziemlich saftigen Birnstücken, ich diejenige von Pinus Pumilio in Zuckerwasser, und in beiden Fällen zeigte es sich, dass die grosse Pollenzelle es ist, die zum Schlauche auswächst. Die vom Pollenkorn abgeschiedenen Zellen werden aber allmählich inhaltsärmer und verschrumpfen zuletzt.

Juranyi gibt an, dass der Kern der grossen Pollenzelle zunächst in seiner Stellung bleibe, wenn der Schlauch aber eine bestimmte Länge erreicht habe, dort verschwinde, um am Ende des Schlauches wieder aufzutreten, respective sich dort auch zu verdoppeln.

Bei Zamia integrifolia Ait. gelang es mir zwar nicht, die Culturen so weit zu bringen, dass sich der Zellkern der Pollenzelle etwa verdoppelt hätte, wohl aber dafür mit voller Sicherheit

---

[1]) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VIII, p. 394.

[2]) Coniferen und Gnetaceen, p. 126, 1872.

[3]) Schacht, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. II, p. 144.

Digitized by Google

festzustellen, dass dieser Zellkern selbst es ist, der in die Schlauchspitze wandert. Entschwindet er eine Zeit lang der Beobachtung, so ist er nur von Stärkekörnern des Schlauches verdeckt. Der sicherste Nachweis des Gesagten gelingt leicht, wenn man in (am besten fünfprocentiger) Zuckerlösung cultivirte Pollenzellen, mit 1 % Osmiumsäure behandelt und dann mit Beale'schem Carmin färbt. Die Stärkekörner werden dabei zerstört, die Zellkerne färben sich intensiv roth und sind auf ihrer ganzen Wanderung leicht zu verfolgen. Die Figuren 22 und 23, Taf. I sollen zwei bereits vorgeschrittene Zustände dieser Wanderung darstellen. Auch die vegetativen Zellen haben Farbstoff aufgespeichert, sie sind auf diesem Zustande bereits in Rückbildung begriffen.

Die Cultur des Zamia-Pollens gelingt nur ganz ausnahmsweise, da die Schläuche relativ nur sehr langsam gebildet werden und somit den niederen Organismen Zeit lassen, sie in ihrer Entwicklung zu unterdrücken.

Bei Pinus Pumilio, deren Pollenkörner ich auch jetzt wieder in Zuckerwasser cultivirte, geht der Zellkern sofort in den Schlauch hinein und bleibt in demselben so lange erhalten, als überhaupt nur die Pollenkörner am Leben bleiben (Taf. I, Fig. 25). Durch Ueberhandnehmen von Bacterien, von Hefezellen und Schimmelpilzen gehen aber die Culturen auch hier nach spätestens 8 bis 10 Tagen zu Grunde. Am längsten erhielt ich sie, wenn ich Thymol in tausendfacher Verdünnung der 10—30 % Zuckerlösung zusetzte. Dieser Zusatz verhindert zunächst auch die Schlauchbildung; nach etwa 2 Tagen, wenn ein Theil des Thymols verflüchtigt war, pflegte diese jedoch einzutreten [1]), während die Vermehrung der zugleich mit den Pollenkörnern eingeführten niederen Organismen noch für mehrere Tage aufgehalten wurde. In reiner Zuckerlösung trieben die Pollenkörner meist zwei unverzweigt fortwachsende Schläuche. Der Thymolzusatz influirte meist aber die Entwicklung in der Art, dass wenige Stärke gebildet wurde und die Schläuche sich sofort nach der Anlage wiederholt gabelten (Fig. 26, Taf. I).

Die in Zuckerwasser austreibenden Pollenkörner bilden zahlreiche, grosse Stärkekörner, die jedoch stets in einer gewissen Entfernung von den fortwachsenden Schlauchenden gehalten werden. Letztere zeigen zu äusserst nur homogenes, weiter nach

[1]) Salicylsäure in tausendfacher Verdünnung tödtete die Pollenkörner.

Digitized by Google

innen feinkörniges Protoplasma, in dem eine langsame Strömung festzustellen ist.

Den Angaben Hofmeister's [1]) zu Folge, bilden sich häufig im erwähnten unteren Ende der Pollenschläuche der Coniferen, beim Herannahen des Zeitpunktes der Befruchtung, freie sphärische Zellen. Auch ich konnte mich von dem Vorhandensein solcher Zellen schon bei wiederholter Gelegenheit überzeugen. [2]) Jetzt wurden meine Untersuchungen nochmals speciell auf diesen Punkt gerichtet. Das günstigste Object schien mir eine Cupressinee abzugeben, wegen ihrer relativ nur kurzen und weiten Schläuche, auch ihres völligen Mangels an Stärkekörnern: ich wählte Juniperus virginiana.

Führt man zarte Schnitte durch den Eichenkern der zu verschiedenen Entwicklungszeiten mit absolutem Alkohol fixirten Eichen, so kann man leicht den ganzen Zusammenhang der Vorgänge im Pollenschlauch überblicken. Der Zellkern der grossen Pollenzelle wandert in den Schlauch und hält sich nah an dessen Ende. Hier theilt er sich in zwei und mit diesem Vorgang ist eine gleichzeitige Theilung des im Schlauchende angesammelten Protoplasma verbunden. Beide mit ihren respectiven Kernen versehenen nackten Plasmamassen runden sich gegen einander ab (Taf. I, Fig. 28). Die obere Zelle theilt sich nicht mehr, die untere hingegen führt noch weitere Theilungen aus. Diese pflegen einzutreten zu der Zeit, wo das Wachsthum des Pollenschlauches, nach längerer Ruhe, von Neuem anhebt. Da drückt sich die untere Zelle meist der Schlauchsspitze dicht an und ihr Zellkern zerfällt in zwei (Fig. 29), dann die beiden häufig noch in je zwei Kerne. Die Plasmatheile um die neuen Kerne pflegen sich aber nicht mehr scharf gegen einander zu sondern (Fig. 30).

Cryptomeria japonica zeigt ganz die gleichen Entwicklungszustände; ebenso fand ich aber auch bei Picea vulgaris und Pinus Pumilio je zwei Kerne im Pollenschlauche, so dass ich meine, es handle sich hier um eine ganz allgemeine Erscheinung bei den Coniferen. [3])

War die Verdoppelung der Kerne, die Juranyi bei Ceratozamia gesehen, auch die Vorbereitung zu einem ähnlichen Vor-

---

[1]) Vergl. Unters., p. 132 und Jahrb. f. wiss. Bot. I, p. 174 und 176.

[2]) Coniferen und Gnetaceen, p. 281.

[3]) In diesem Sinne bitte ich meine Angaben in den Coniferen und Gnetaceen, p. 281 zu verbessern.

Digitized by Google

gange, so würde derselbe sich vielleicht über sämmtliche Archispermen erstrecken.

In den stärkereichen Pollenschläuchen von Pinus und Picea halten sich die plasmatischen Zellen ebenfalls in dem Schlauchende (Fig. 27). Zu der Zeit aber, wo die beschriebenen Vorgänge sich in den Schläuchen abspielen, sind die vegetativen Zellen im Pollenkorn schon vollständig resorbirt (vergl. die Figuren).

Die eigenthümlichen Vorstellungen, welche sich Tschistiakoff von den Anlagen der vegetativen Zellen im Inneren der Pollenkörner bei den Coniferen und von dem „Keimungsprozess" dieser Pollenkörner bildete [1]), kann ich hier füglich übergehen. Erwähnt sei nur, dass er die vegetativen Zellen durch wiederholte Theilung der Pollenzellen und weiter auch frei sich bilden liess und dann schilderte: wie bei der „Keimung von Pinus und Abies im Schlauche eine grosse Zelle durch freie Zellbildung entsteht und durch Auflösung des Schlauches befreit wird, oder der ganze Inhalt des Pollenkorns in eine grosse Zahl Zellen zerfällt."

Im Gegensatz zu den Archispermen sollen die Pollenkörner der Metaspermen: Monocotyledonen- und Dicotyledonen-Pflanzen, nie Zellbildung im Inneren zeigen. Diese Behauptung ist auf so zahlreiche Untersuchungen gestützt, dass ich in der That nicht wenig überrascht war, gleich in den ersten Pollenkörnern, die ich kurz vor der Reife untersuchte, vegetative Zellen aufzufinden. Freilich waren es nicht diejenigen Zellen, welche Karsten [2]) und Pollender [3]) den Pollenkörnern vindicirt haben, vielmehr in jedem Pollenkorn je eine Zelle, die ihrer Gestalt und Anlage nach durchaus der einen vegetativen Zelle im Pollen von Pinus Pumilio entsprach.

Jedem, der sich reife Pollenmassen der Orchideen ansieht, muss es auffallen, dass die einzelnen Pollenkörner je zwei Zellkerne führen; die Einwirkung des umgebenden Wassers lässt sie alsbald scharf hervortreten und es ist in der That auffallend, wie so diese Verhältnisse bis jetzt unbemerkt geblieben sind. Ich fand sie bei sämmtlichen untersuchten Orchideen. Die beiden

---

[1]) Vergl. Bot. Zeitung 1875, Sp. 99—103 und Actes du Congrès Botan. Internat. de Florence, 1875.

[2]) Das Geschlechtsleben der Pflanzen und die Parthenogenesis, p. 26. Berlin 1860.

[3]) Ueber das Entstehen und die Bildung der kreisrunden Oeffnungen in der äusseren Haut des Blüthenstaubes etc. Bonn 1867.

Digitized by Google

Kerne werden, sobald das Wasser auf sie einwirkt, stark lichtbrechend und sind von einander nicht zu unterscheiden, es sei denn, dass das umgebende Protoplasma von einem der beiden zurücktritt und dieser nun gleichsam in einer Blase zu liegen kommt (Taf. I, Fig. 43—45). Diese Erscheinung tritt sehr häufig ein. Durch eingehende Untersuchung kann man feststellen, dass das Kernkörperchen des einen Zellkernes im Allgemeinen kleiner als dasjenige des anderen ist.

Das Vorhandensein je zweier Zellkerne im reifen Pollenkorn ist auch für die anderen Monocotylen nicht schwer zu constatiren, wenn nicht direct, so mit Hülfe chemischer Reagentien, oder einfacher noch durch Zerdrücken des Pollenkornes, wobei die beiden Zellkerne mit dem übrigen Inhalte meist hervortreten. Der eine oder die beiden Kerne lassen dabei oft eigenthümliche Gestaltung erkennen.

Bei Narcissus poeticus ist der eine Kern mehr oder weniger kugelig, mit einem Kernkörperchen versehen, der andere spindelförmig, ohne Kernkörperchen, doch mit gelblich gefärbten Körnchen an seinen beiden Polen (Taf. II, Fig. 51). Hat man einen solchen Zellkern herausgedrückt, so quillt er im umgebenden Wasser, wobei seine beiden scheibenförmigen, durch die gelben Körnchen markirten Pole scharf hervortreten. Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass dieser spindelförmige Zellkern durch Metamorphose aus einem mit Kernkörperchen versehenen kugeligen hervorgeht.

Bei Allium-Arten sind beide Zellkerne wurstförmig gestaltet (Fig. 36) und gekrümmt, im reifen Zustande von homogenem Protoplasma ohne Kernkörperchen gebildet.

Bei Dicotyledonen ist es meist schwer, in unversehrten Pollenkörnern die beiden Zellkerne zur Anschauung zu bringen; in dem herausgedrückten Inhalte habe ich sie aber bis jetzt nie vermisst. In seltenen Fällen treten sie auch schon im Pollenkorn scharf hervor, so bei Monotropa Hypopitys, wo der eine Zellkern vorwiegend oval, der andere spindelförmig erscheint. Rheum (Taf. II, Fig. 62) lässt die beiden Zellkerne auch wohl noch erkennen, bei Gloxinien (Fig. 65 a u. 65 b) zeigen sie sich niemals.

Untersucht man den Inhalt der Pollensäcke bei Allium fistulosum in Blumenknospen von 4—5 Mm. Höhe, also nachdem sich die Pollenkörner schon längst gegen einander befreit haben und ihrem Reifezustand entgegengehen, so findet man in einzelnen Körnern den Zellkern der einen flachen Wand des Kornes genähert (Taf. I, Fig. 32), in anderen an dieser Stelle zwei nahe

Digitized by Google

an einander gelagerte Kerne (Fig. 33). Die weitere Beobachtung lehrt, dass der eine der beiden Zellkerne, der der Pollenhaut anlagernde, von dem anderen durch eine uhrglasförmig gekrümmte, der Pollenhaut aufsitzende Wand getrennt ist. Wir sehen also, dass hier, ähnlich wie bei den Coniferen, und auf dem gleichen Entwicklungszustande, das ursprüngliche Pollenkorn in eine grosse und in eine kleine Schwesterzelle zerfällt.[1]) Die trennende Wand wird aber nur von protoplasmatischer Hautschicht gebildet; zur Ausscheidung von Cellulose kommt es hier nicht, und wenn wir auch noch die kleine Zelle auf dem Stadium der Fig. 34, Taf. I erblicken können, so ist die trennende Hautschicht doch schon auf dem nachfolgenden Entwicklungszustande aufgelöst und die beiden Zellkerne gegen einander befreit. In Fig. 35 haben die beiden befreiten Zellkerne noch ihr Kernkörperchen, der eine beginnt aber bereits sich spindelförmig zu strecken; bis schliesslich im fertigen Zustande beide, wie das schon erwähnt wurde, homogen und wurstförmig werden.

Bei den Orchideen geht die Abgrenzung der vegetativen Zellen an den oberen Knospen vor sich, während die unteren sich schon in Blüthe befinden. Der Vorgang ist für Platanthera bifolia durch meine Figuren 41 und 42, Taf. I dargestellt. Die Zellkerne rücken hier meist in die Ecken der jungen Pollenzellen, um sich zu theilen, daher auch für gewöhnlich die vegetativen Zellen je eine Ecke der Pollenkörner einnehmen. Sie werden hier relativ gross angelegt (Fig. 42). In nächstälteren Knospen findet man bereits beide Zellkerne in gemeinsamem Protoplasma eingebettet.

Die Figur 48, Taf. II gibt den Theilungszustand bei Narcissus wieder. Der Kern der grossen Zelle liegt der Peripherie der kleinen an und beginnt bereits spindelförmig zu werden. Er ist es hier allein, der diese Gestalt annimmt.

Am schönsten ist vielleicht der Theilungsvorgang bei Rheum-Arten zu verfolgen.

Bei Rheum hibridum unseres Gartens fehlen die sonst öfters die Untersuchung störenden Stärkekörner in den sich theilenden Pollenzellen. Das feinkörnige Protoplasma erfüllt auch nur das

[1]) Nach einer Abbildung Tschistiakoff's zu urtheilen, scheint derselbe einmal eine solche vegetative Zelle bei Epilobium angustifolium erblickt zu haben, — er gab ihr eine ganz abenteuerliche Deutung. Die Figuren-Erklärung lautet: „Neuer Nucleus (?) n' ist bei Anwesenheit der Ueberreste des älteren Pronucleus n ausgebildet." Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. X, Taf. IV, Fig. 33 und p. 47, 1875.

Digitized by Google

Korn als dicker Wandbeleg. In letzterem liegt der Zellkern. Wenige Tage vor dem Verstäuben der Blüthen sieht man das Wandplasma um den Zellkern sich sammeln (Taf. II, Fig. 53 und 54); dieser theilt sich alsbald. Um die Einzelheiten des Vorgangs verfolgen zu können, entleerte ich die Pollensäcke rasch in 3 % Zuckerwasser und fügte dann einen Tropfen 1 % Osmiumsäure hinzu. Alle Verhältnisse treten nach einigen Minuten scharf hervor. Der Zellkern lässt öfters vor der Theilung eine radiale Anordnung körniger Elemente in seiner Peripherie erkennen (Fig. 54), dann geht er in die Spindelform über (Fig. 55). Auf dem nachfolgenden Stadium erscheint er getheilt, seine beiden Hälften durch Kernfäden verbunden (Fig. 56). Innerhalb der Kernfäden wird die Hautschichtwand ausgebildet, die ich früher als Zellplatte bezeichnet habe und trennt die vegetative Zelle von ihrer grösseren Schwesterzelle. Die Lage des Kerns der grösseren Zelle wird meist bald verändert, er kann seitlich neben der vegetativen Zelle sich lagern (Fig. 59), auch auf die entgegengesetzte Seite des Pollenkornes rücken (Fig. 60). Das Lumen des Pollenkornes verkleinert sich jetzt, bis es endlich schwindet und das ganze Pollenkorn gleichmässig mit Protoplasma angefüllt erscheint. Dann treten grosse Stärkekörner auf. Alsbald wird die Hautschicht zwischen beiden Zellen wieder resorbirt (Fig. 62).

Für die grossblüthige Gloxinia hibrida der Gärten gilt die gleiche Entwicklung (Taf. II, Fig. 63 und 64), doch erfolgt sie in den mit Protoplasma und Stärke reich erfüllten Zellen, ist daher weniger leicht zu verfolgen. Die Antheren sind fast fertig gebildet in Blüthen, deren Blumenkrone noch weit in ihrer Entwicklung zurücksteht. Die Theilung der Pollenzellen geht in Knospen von circa 22 Mm. Höhe vor sich, während diese Knospen vor dem Oeffnen eine Höhe von circa 40 Mm. zu erreichen haben.

Auf Grund zahlreicher Untersuchungen bin ich zu der Ueberzeugung gekommen, dass die dem Verstäuben vorausgehende transitorische Theilung wohl allen Metaspermen eigen ist. Ich habe dieselbe, um noch ein Beispiel zusammengesetzter Pollenkörner anzuführen, auch bei Pyrola rotundifolia (Taf. II, Fig. 68) beobachtet.

Der Einzige, der zwei Zellkerne in Pollenkörnern bereits gesehen hatte, ist Hartig. Er lässt bei Tradescantia virginica den Zellkern in zwei Tochterkerne sich theilen. Der eine Zellkern nimmt dann „Trichinenform", der andere „Handschuhform" an.

Digitized by Google

„Diese Metamorphose der beiden Zellkerne ist," schreibt Hartig [1]), „eine sehr eigenthümliche und beachtenswerthe, da sie sich bei den Pollenkörnern der meisten Pflanzen vorfindet. Wenn auch nicht so ausgebildet als bei Tradescantia, fand ich sie bei Campanula, Oenothera, Lilium, Clematis, Allium. Um sie zu sehen, muss man die fast reifen Pollenkörner unter Deckglas in Carminglycerin zerdrücken und das Präparat 12 — 24 Stunden stehen lassen. In dieser Zeit haben sich die Zellkerne tiefer roth gefärbt als alle übrigen Pollentheile und finden sich nach Verschiedenheit der Druckstärke theils noch im Innern der Pollenkörner in ihrer normalen Lage, theils in der herausgepressten Fovilla."

Diese Angaben Hartig's waren mir und, wie es scheint, auch den meisten andern Botanikern bisher entgangen; ich freue mich, noch in letzter Stunde, nach Abschluss meines Manuscripts, auf dieselben aufmerksam geworden zu sein und sie hier einfügen zu können.

Ich habe bei vielen Metaspermen auch das Austreiben der Pollenkörner in künstlicher Nährstofflösung verfolgt. Nachdem ich es mit verschiedenen Flüssigkeiten versucht hatte, bediente ich mich schliesslich nur noch Zuckerlösungen. Rohr- und Traubenzucker sind den Pollenkörnern gleich zuträglich; doch muss man nach der Pollenart die Concentration der Lösung verändern. Da die Pollenschläuche sehr rasch wachsen, so bilden die in den Zuckerlösungen alsbald Oberhand nehmenden niederen Organismen weiter kein störendes Moment für die Untersuchung.

Dass viele Pollenkörner auch in reinem Wasser Schläuche treiben können, dass diese Schläuche dann so lange fortwachsen, bis alle Reservestoffe des Pollenkorns verbraucht sind, hat schon Van Tieghem gezeigt. [2])

Ich cultivirte die Pollenkörner in den schon erwähnten feuchten Kammern. Die Schlauchbildung beginnt fast sofort, und ich habe bei Gloxinia hibrida in 3 % Zuckerlösung bei einer mittleren Zimmertemperatur von circa + 24° C., in verdunkeltem

[1]) Botanische Untersuchungen aus dem phys. Labor. der landw. Lehranst. in Berlin, herausgeg. von Karsten, 1866, 3. Heft, p. 294 und Fig. 2 x, y, z, Taf. XVIII.

[2]) Ann. d. sc. nat. Bot. 5. Sér. T. XII, p. 314, 1869. In einigen ganz wenigen Fällen beobachtete sie schon v. Mohl. Beiträge zur Anat. u. Phys. Erstes Heft, p. 27. 1834.

Digitized by Google

Raum, in den günstigsten Fällen einen stündlichen Partialzuwachs bis zu 0,1 Mm. beobachten können. Das Wachsthum hatte dann die gleiche Intensität wie innerhalb des Griffels erreicht. Die Länge des Griffels beträgt circa 40 Mm., der Weg von der Narbe bis zu dem Eichen wird aber von den Schläuchen in etwa 36 Stunden zurückgelegt, was ebenfalls annähernd ein Wachsthum von 0,1 Mm. pro Stunde ergibt. [1]) Das Licht retardirt das Wachsthum; nichtsdestoweniger konnte ich wiederholt unter dem Mikroskop bei 900facher Vergrösserung die Schlauchspitze fast unmittelbar fortrücken sehen.

Alle Pollenschläuche der Metaspermen zeigen die wunderschönste Protoplasmaströmung und bei der Leichtigkeit, mit der solche Schläuche in den Culturen zu erlangen sind, dürften sie als besonders günstige Objecte zu Demonstrationen empfohlen werden.

Ueber Strömung in den Schläuchen existiren zahlreiche Literaturangaben von Amici an bis auf die neueste Zeit. [2]) Häufig sah ich in dickeren Schläuchen zahlreiche Ströme neben einander, oft in entgegengesetzter Richtung, verlaufen. Die Strömung beginnt im Inneren des austreibenden Kornes, sobald sich der protoplasmatische Inhalt desselben gegen einzelne Vacuolen gesondert hat. Das Fortrücken einer wachsenden Schlauchspitze erinnert auffallend an das Vordringen eines Plasmodiumzweiges. Die Schlauchspitze ist, wie dort das Zweigende, von farblosem, körnerfreiem Plasma gebildet, und die körnchenführende, strömende Masse folgt erst in einiger Entfernung. Freilich ist hier die Schlauchspitze von einer Cellulosemembran umgeben, doch diese, ungeachtet ihrer nicht unbedeutenden Stärke, ist in ihrem Brechungsvermögen so wenig von der anstossenden farblosen Protoplasmamasse verschieden, dass die Grenze zwischen beiden in frischem Zustande nicht zu erkennen ist. Erst durch Anwendung chemischer Reagentien, die einen Rücktritt von der Cellulosewand veranlassen, wird deren innere Contour deutlich sichtbar.

Die beiden Zellkerne des Pollenkorns werden mit in den

[1]) Andere Pollenschläuche scheinen noch viel rascher zu wachsen. Vergl. Hofmeister's Abhandl. der mat.-phys. Cl. der S. Gesellsch. d. Wiss. Bd. V, p. 682.

[2]) Vergl. unter Anderen: Amici, Ann. d. sc. nat. Bot. I. Ser. 21, p. 329, 1830. — Fritsche, Mém. de l'Ac. de St. Petersb. 1837, p. 57. — Schacht, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. II, p. 148, 1860. — Hofmeister, Lehre von der Pflanzenzelle, p. 39, 1867. — Van Tieghem, Ann. d. sc. nat. 5. Sér. T. XII, 1869.

Digitized by Google

Schlauch geführt und mit dieser ihrer Bestimmung hängt ihre frühzeitige, bereits besprochene Gestaltsveränderung zusammen.

Bei den Orchideen tritt constant der Kern mit grösserem Kernkörperchen, also derjenige, welcher der grösseren Pollenzelle angehörte, zuerst in den Schlauch, dann erst folgt der Kern mit kleinerem Kernkörperchen, der in der vegetativen Zelle lag (Taf. I, Fig. 46, 47). Die Kerne hatten sich auf späteren Zuständen der Schlauchbildung meist stärker gestreckt; zuletzt gelang es mir oft nur noch den vorderen Kern nachzuweisen; der hintere war dann, selbst bei Anwendung von Osmiumsäure und färbenden Mitteln, nicht mehr aufzufinden.

Bei Allium-Arten können die Kerne nur schwer in den Schlauch hinein und folgen in ihrem Eintritt fast erst allem übrigen Plasma. Oft sieht man sie längere Zeit im Schlaucheingange stehen und denselben vollständig versperren (Taf. I, Fig. 37), bis sich endlich einer hinter dem anderen in denselben drängt. Wie schon erwähnt, sind die beiden Kerne hier nicht gegen einander zu unterscheiden. Sie halten sich meist in grösserer Entfernung vom Schlauchende als bei Orchideen.

Der spindelförmige Kern von Narcissus scheint ebenfalls dem anderen, aus der vegetativen Zelle stammenden, im Schlauche vorauszuwandern.

Bei Monotropa ist es auch der längere Kern der grösseren Zelle, der vorangeht (Taf. II, Fig. 67); nur äusserst selten sah ich einen längeren Zellkern hinten und möchte fast vermuthen, dass in solchen Fällen ausnahmsweise der Kern der grösseren Pollenzelle sich weniger als derjenige der kleineren vegetativen gestreckt hatte.

In dem Schlauche der Gloxinia hibrida war es sehr schwer, sich von dem Vorhandensein der Kerne zu überzeugen, doch gelang mir dies wiederholt, wenn ich die Schläuche mit 1% Osmiumsäure getödtet und dann mit Beale'schem Carmin gefärbt hatte.

In dem Maasse als die Schläuche wachsen, entleeren sich ihre hinteren Partieen und werden durch ausgeschiedene Cellulosepfropfen abgeschlossen (Taf. I, Fig. 40 und 48). Manchmal entstehen statt vollkommener Propfen seitliche Auswüchse der Zellwand, welche auf einander stossen (Fig. 40). Nur äusserst selten wird ein Theil des Protoplasma durch einen solchen Propfen abgeschnitten und fährt dann fort, für sich zu strömen, bis er abstirbt.

In den Pollenschläuchen der Orchideen, die man in so bedeutender Länge aus den Ovarien herausnehmen kann, sind die

Digitized by Google

genannten Verschlüsse am schönsten zu beobachten, sie finden sich in grosser Zahl und grösseren oder geringeren Abständen in jedem Schlauche. Ich beobachtete ihr Auftreten übrigens auch in allen meinen Culturen, sobald die Schläuche nur die erforderliche Länge erreicht hatten.

Nach 12—24 Stunden pflegten die Schläuche in den Culturen am Scheitel zu platzen und einen Theil ihres Inhalts zu entleeren, hin und wieder zuvor keulenförmig anzuschwellen. Besonders zahlreiche Rupturen sah ich erfolgen, sobald die Präparate dem intensiven Lichte unter dem Mikroskop ausgesetzt wurden.

Verzweigungen an den Pollenschläuchen der Metaspermen habe ich in den Culturen nur sehr selten beobachten können.

Digitized by Google

Die Embryosäcke der Phanerogamen.

Bei den Archispermen werden die Embryosäcke in Mehrzahl oder Einzahl angelegt, doch kommt, seltene Ausnahmen abgerechnet, nur einer zur Entwicklung. Den neuesten Angaben Warming's zu Folge wird im Centrum des Eichenkerns bei Cycadeen eine Gruppe ellipsoider Zellen sichtbar, die sich durch ihren Charakter besonders auszeichnet und die Mutterzellen der Makrosporen oder Embryosäcke darstellt. Eine mehr oder weniger centrale Zelle aus dieser Gruppe entwickelt sich allein weiter. [1])

Bei den Coniferen wird, so weit die Angaben Hofmeister's reichen, eine Zelle des mittelsten Zellstranges im Eichenkern zum Embryosack. Als seltene Ausnahme, und nur bei Taxineen als Regel, soll die Zahl der Anlagen grösser sein, auch da kommt meist nur eine zur Entwickelung. [2])

Der primäre Zellkern des Embryosackes wird bei den Coniferen bald aufgelöst und freie Zellen bilden sich im Wandbeleg; sie füllen, sich seitlich vereinigend und weiter durch Theilung vermehrend, alsbald den ganzen sich rasch vergrössernden Embryosack aus. [3]) Bei Coniferen mit zweijähriger Samenreife sollen nach Hofmeister diese Zellen wieder gelöst und dann nochmals durch freie Zellbildung regenerirt werden; für alle Fälle schreitet dann die Entwickelung für Coniferen mit einjähriger, wie mit zweijähriger Samenreife gleichartig fort.

Wie mich meine Untersuchungen an Abies canadensis zunächst lehrten, nehmen einzelne der im Embryosack erzeugten, an dessen

[1]) Mittheilungen vom internat. bot. Congress in Amsterdam (10.—17. April 1877), in der Revue scientif. de France et de l'Etranger, vom 26. Mai 1877.

[2]) Vergl. Untersuch., p. 127, 1851.

[3]) Hofmeister, l. c., p. 127 u. ff. und meine Befruchtung bei den Coniferen, p. 5, 1869.

Digitized by Google

Scheitel gelegenen Zellen, an der Theilung der übrigen nicht Theil und zeichnen sich auch sonst durch ihre Grösse aus. Aus ihnen gehen die s. g. Corpuscula hervor. Der Uebereinstimmung wegen, welche das innere Gewebe im Embryosack und die Corpuscula mit den Prothallien und Archegonien der höheren Kryptogamen zeigen, habe ich auch erstere hier mit den gleichen Namen belegt.

Das Archegonium der Coniferen und, wie ich auch hinzufügen kann, der Cycadeen entwickelt sich durchaus ähnlich der Centralzelle des Archegoniums der höheren Kryptogamen.[1]) Zunächst zerfällt die einzellige Anlage in eine äussere kleine und in eine innere grössere Zelle. Die äussere an die Embryosackwand anstossende Zelle ist die Halskanalzelle, die entweder einfach bleibt oder auch alsbald in mehrere über und neben einander liegende Zellen zerfällt.

Die innere grosse Zelle ist die Embryonalzelle; sie füllt sich langsam mit schaumigem Protoplasma und bildet das Ei. So lange dieses Ei noch jung ist, führt es den Zellkern in seinem organisch unteren, d. h. an die Halskanalzelle anstossenden Ende; dann, kurz vor der Befruchtungszeit, sieht man den Kern sich dort theilen und von dem Ei durch Hautschicht eine kleine Zelle abgetrennt werden, welche durchaus der Bauchkanalzelle der höheren Kryptogamen entspricht. Der dem Ei bei der Theilung zugefallene Kern wandert jetzt langsam, sich bedeutend vergrössernd, nach der Eimitte.[2]) In diesem Zustande harret das Ei der Befruchtung.

Für die Anlage und Weiterentwickelung der Embryosäcke bei den Metaspermen besitzen die Hofmeister'schen Angaben[3]) jetzt fast allgemeine Geltung und stützt sich auch Sachs auf dieselben in seinem Lehrbuch.[4])

Nach Hofmeister soll nun der Embryosack bei den Orchideen mit sehr einfach-gebauten Eichen[5]) aus der vordersten Zelle der

---

[1]) Vergl. auch meine Coniferen und Gnetaceen, p. 274 u. ff. 1872 und Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 293 u. ff. 1876. Auch die Mittheilung Warming's, l. c., p. 1140.

[2]) Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 294.

[3]) Abhandl. der mat.-phys. Cl. der K. S. Ges. der Wiss. Bd. IV, 1859 und V, 1861.

[4]) Vergl. Anmerkung 2, p. 558 in der IV. Aufl.

[5]) Da die morphol. Deutung dieser Gebilde noch immer eine Streitfrage bildet, ziehe ich es vor, sie hier Eichen und nicht „Samenknospen" zu nennen;

Digitized by Google

axilen Zellreihe hervorgehen und sonst auch immer, auch wo er tiefer liegt, einer axilen Zellreihe seinen Ursprung verdanken. Sachs macht darauf aufmerksam, dass der Nachweis einer solchen axilen Zellreihe bei kleinzelligen Eichen, besonders der Dicotylen, sehr schwierig wird und dass auch Fälle vorkommen, wo mehrere Embryosäcke angelegt werden. Ja das Hofmeister'sche Schema der Orchideen scheint ihm selbst unter den Monocotylen nicht überall zu passen. [1])

Nach Hofmeister werden die „Keimbläschen" und „Gegenfüsslerinnen der Keimbläschen", insofern solche vorkommen, durch freie Zellbildung angelegt. Der primäre Zellkern des Embryosackes betheiligt sich nicht an ihrer Bildung, vielmehr treten im oberen und unteren Ende des Embryosackes, wo der protoplasmatische Wandbeleg von besonderer Mächtigkeit ist, freie Zellkerne auf, um welche sich je ein Ballen Protoplasma ansammelt. Keimbläschen sollen zwei [2]) bis drei, in seltenen Ausnahmefällen eine grosse Anzahl gebildet werden; sie bleiben für gewöhnlich nackt. Die Gegenfüsslerinnen können fehlen, meist sind sie in Dreizahl vorhanden; bei den monopetalen Dicotyledonen ist in der Regel nur eine ausgebildet und häufig von einer Cellulose-Membran umgeben.

So weit Hofmeister's Beobachtungen reichen, nimmt stets nur eines der „Keimbläschen" den Scheitelpunkt der oberen Wölbung des Embryosackes ein. Das zweite oder das zweite und dritte sind zwar dicht neben diesem, aber doch etwas tiefer mit ihrem oberen Ende der Innenwand des Sackes angeschmiegt.

Sachs gibt in seinem Lehrbuch nur ein Keimbläschen für Rheum undulatum an und nimmt auch noch einige von den Schacht'schen Angaben in seinen Text auf, welche weiter unten berücksichtitg werden sollen.

Es lag ursprünglich gar nicht in meiner Absicht, die Entstehung des Embryosackes oder der „Keimbläschen" und der Gegenfüsslerinnen in demselben zu verfolgen, vielmehr beabsichtigte ich, meine Beobachtungen auf den Vorgang der Befruchtung zu beschränken. Bald musste ich aber zu der Ueberzeugung gelangen, dass die meisten Hofmeister'schen Angaben nicht richtig

---

da ich andererseits die „Keimbläschen" als Eier bezeichne, so wird man „Eichen" mit Ei und „Ovulum" mit „Ovum" nicht zu verwechseln haben.

[1]) l. c., p. 558.

[2]) Die Zweizahl soll der häufigere Fall sein.

Digitized by Google

sind, und so galt es denn, die betreffenden Beobachtungen von Neuem aufzunehmen.

Von den Orchideen mit durchsichtigen Eichen hatte ich die besten Resultate zu erwarten und nahm dieselben zunächst auch vor. Es galt mir, die ganze Continuität der Entwicklung zu gewinnen, und das schien mir nur durch Vergleiche unzähliger Präparate möglich, wie sie mir eben die Orchideen liefern konnten.

Die an Orchideen gewonnenen Ergebnisse sollten mit denjenigen bei Monotropa, die ebenfalls durchsichtige Eichen besitzt, verglichen werden und eventuell dann noch an anderen Objecten auf Schnitten geprüft werden.

Die Entwicklungsgeschichte der Orchideen-Eichen ist bis zum Beginn der Embryosackbildung hinlänglich bekannt[1]), ich hielt mich also mit solchen Zuständen nicht auf, um sofort meine ganze Aufmerksamkeit dem Embryosack zuwenden zu können.

Ich wählte vornehmlich Orchis pallens für die Untersuchung.

Wie bekannt, wird die Weiterentwicklung der mit zwei Integumentanlagen versehenen Eichen erst durch die Bestäubung angeregt. Bei Orchis pallens hebt dieselbe ungefähr 10 Tage nach dem Verblühen an und erst dann, wenn sich die Pollenschläuche bereits in der Fruchtknotenhöhlung befinden. Um die eintretenden Veränderungen zu studiren, untersuchte ich die Eichenanlagen in dreiprocentiger Zuckerlösung, und wenn es galt, auch die Kerntheilungen zu verfolgen, setzte ich dieser einen Tropfen einprocentiger Osmiumsäure hinzu. Wiederholt fixirte ich auch einzelne Entwicklungszustände mit absolutem Alcohol, um sie für spätere Untersuchungen zu erhalten, da es sich zeigte, dass, so vorzüglich die Osmium-Präparate in den ersten Stunden nach der Behandlung waren, dieselben sich von da an stärker als die Alcohol-Präparate veränderten.

Die Untersuchung zeigte zunächst, dass sich die vordere, grosse Zelle der centralen Reihe (Taf. II, Fig. 72), die auf einem bestimmten Entwicklungsstadium unmittelbar an die einfache Zelllage des Eichenkerns stösst, nicht unmittelbar in den Embryosack verwandelt. Vielmehr sieht man diese Zelle zunächst sich theilen und nach vorn eine kleinere Zelle abgeben (Fig. 73). Diese kleine Zelle verdoppelt sich bald (Fig. 74). Ist dies aber geschehen, so beginnt die Embryosackanlage gegen die beiden Zellen

[1]) Vergl. die Abbildungen bei Sachs; Lehrbuch, IV. Aufl., p. 554.

Digitized by Google

zu wachsen und dieselben zu erdrücken. Gleichzeitig geht der Embryosackkern eine Theilung ein (Fig. 75) und seine Hälften rücken in die beiden Enden des Embryosackes ein. In den Kernfäden, die sie ausgespannt, wird eine Zellplatte angedeutet (Fig. 76), doch kommt es nicht zur vollendeten Zelltheilung, vielmehr werden die Fäden eingezogen und eine Vacuole in der Mitte des Embryosackes gebildet (Fig. 77). Die an den Embryosack stossenden vorderen Zellen sind inzwischen fast vollständig verdrängt worden, sie sitzen wie eine stark lichtbrechende Kappe dem Embryosackscheitel auf. Gewöhnlich beginnt jetzt auch schon die Desorganisation der den Embryosack umgebenden Zellschicht des Eichenkernes. Manchmal treten auch die beiden Vorgänge später ein (Fig. 78). Auf dem nächsten Entwicklungszustande sehen wir die beiden Kerne des Embryosackes sich wieder theilen (Fig. 78, 79, 80). Die Theilung wird auch hier nicht durch Scheidewandbildung perfect und so finden wir denn als anschliessendes Stadium je zwei Zellkerne vorn und hinten frei im Embryosack (Fig. 81). Fast das ganze Protoplasma hat sich jetzt dahin gezogen und hängt in der Mitte nur durch eine dünne Wandschicht zusammen. Die Theilung der beiden Kerne war gleichzeitig erfolgt und auch jetzt sehen wir wieder beide Kernpaare völlig gleichzeitig in Action treten. Die Theilungen gehen aber nicht mehr in der gleichen Ebene, vielmehr für jedes Paar in mehr oder weniger sich kreuzenden Ebenen von statten, wie das Fig. 82 zeigt. Je drei Kerne sind übrigens in dieser Figur nur zu sehen, weil vorn der linke, unten der rechte Kern den hinter ihm befindlichen deckt. Diesmal wurden Trennungsschichten aus Hautplasma zwischen den Kernen ausgebildet, wodurch wir drei Zellen im vorderen, drei im hinteren Ende des Embryosackes erhalten. Die Vorderspitze wird von den zwei Zellen erfüllt, welche ihren Ursprung der parallel zu der Längsaxe des Embryosackes erfolgten Theilung verdanken; etwas tiefer an die Seitenwandung des Embryosackes setzt die Zelle an, die den Kern führt, der durch Theilung senkrecht zur Längsaxe des Embryosackes entstand. In dem hinteren Ende des Embryosackes liegen die drei Zellen fast in gleicher Höhe, da der Kern, der aus der senkrechten Theilung zur Längsaxe des Embryosackes hervorging, sich in gleicher Ebene mit den anderen, durch zur Längsaxe parallele Theilung entstandenen, stellte. — Sowohl am vorderen wie am hinteren Ende des Embryosackes fällt der vierte, restirende Kern dem Innenraum des Embryosackes zu Gute (Fig. 83).

Digitized by Google

Auf diesem Wege also, nicht durch freie Zellbildung, wird der aus je drei Zellen bestehende Ei- und Gegenfüsslerinnen-Complex bei Orchis und, wie ich hinzufügen kann, auch bei den anderen Orchideen erzeugt.

Der Angabe Schacht's [1]), die er auf eine Beobachtung an Phormium stützte, dass die „beiden Keimbläschen" als Tochterzellen innerhalb einer Mutterzelle entstehen, liegt aber, wie seine Figur 8 (l. c.) zeigt, ein Irrthum zu Grunde. Das, was er als Mutterzelle der „beiden Keimbläschen" schildert, ist die Contour der dritten Zelle des Eiapparates, die von den „beiden Keimbläschen" verdeckt ward.

Auf dem Stadium der Fig. 79 kann bereits die dem Embryosack aufsitzende Kappe und der Eichenkern bis auf Spuren resorbirt sein; manchmal erhält sich auch der Eichenkern länger, wie Fig. 81 zeigt. Oft bleibt bis zur Reife eine glänzende Ansammlung aus stark lichtbrechender Substanz in Schnabelform am Embryosackscheitel erhalten.

Die fertigen Zellen des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen sind fast ausnahmslos in Dreizahl vorhanden. [2]) Anderslautende Angaben beruhen auf Irrthum. Die Gegenfüsslerinnen sind in frischem Zustande meist sehr schwer zu sehen, Cellulosewände erhalten sie hier nicht, ihr Inhalt ist aber stark lichtbrechend und man meint nur eine homogene Ansammlung von protoplasmatischem Wandbeleg vor sich zu haben. Daher auch die Behauptung Hofmeister's, dass die Gegenfüsslerinnen bei Orchideen häufig fehlen. [3])

Nicht alle drei Zellen des Eiapparates sind in verschiedener Höhe inserirt [4]), vielmehr theilen sich, wie schon erwähnt wurde, zwei völlig gleichmässig in den Scheitel des Embryosackes, die dritte liegt etwas tiefer. Die drei Zellen unterscheiden sich auch in ihrer Gestalt und der Vertheilung ihres Inhaltes. Die beiden vorderen sind mehr zugespitzt und führen ihre Zellkerne in ihrer vorderen Hälfte, während sie nach hinten von je einer grossen Vacuole eingenommen werden. Die hintere Zelle des Eiapparates sitzt vorn mit breiterer Fläche der Embryosackwand an und wird

---

[1]) Monatsb. d. Ak. d. Wiss. zu Berlin vom Jahrg. 1857, p. 579 und Bot. Zeitung 1858, p. 21.

[2]) Die Zweizahl soll nach Hofmeister vorwalten, l. c., p. 672.

[3]) l. c., p. 677.

[4]) l. c., p. 673.

Digitized by Google

hier von einer grossen Vacuole erfüllt, während der Kern in der Protoplasmaansammlung ihres hinteren Theiles liegt (Fig. 85).

Da sich die angeführten zwei und eine Zelle auch in der Folge verschieden verhalten, so will ich gleich die hintere Zelle als Ei, die beiden vorderen als Ei-Gehülfinnen, auch kurz Gehülfinnen oder Synergiden [1]) bezeichnen, wodurch über ihre morphologische Natur noch nichts ausgesagt wird. Da aber das Ei, wie seine spätere Entwicklung lehrt, so im Embryosack orientirt ist, dass es seine organische Basis der Mikropyle zukehrt, seinen organischen Scheitel von derselben abkehrt, so soll auch jetzt schon in dem gleichen Sinne zwischen Basis und Scheitel des Eies unterschieden werden. Ebenso wie das Ei denke ich mir die Gehülfinnen orientirt und bezeichne daher ihre Theile in derselben Weise. Hingegen werden die Ausdrücke „vorn" und „hinten" am Ei oder den Gehülfinnen sich einfach auf die Verhältnisse des Embryosackes beziehen, an dem ich „vorn" das Mikropyl-Ende, „hinten" das Chalaza-Ende nenne. Ebenso sollen die Ausdrücke „innen" und „aussen" nur im Verhältniss zum Embryosack gedacht werden.

Bekommt man ein Präparat von Orchis pallens um 90° gegen die zunächst besprochene Lage gedreht zu sehen, so deckt die eine Gehülfin die andere (Fig. 87), wodurch der Anschein entsteht, als seien überhaupt nur zwei Zellen an dieser Stelle vorhanden. Faktisch kommen aber die Fälle mit nur 2 Zellen im Eiapparat äusserst selten vor und dann trifft immer die Reduction die Gehülfinnen. Entweder ist eine derselben frühzeitig resorbirt worden oder es ist überhaupt die Theilung des primären Gehülfinnen-Kernes unterblieben.

Gleich auf Zuständen, welche der Anlage des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen folgen, sieht man die, von beiden Enden her, an das Embryosackinnere abgegebenen, mit je einem Kernkörperchen versehenen Kerne (Fig. 83) sich in Bewegung setzen. Beide Kerne begegnen sich in der Mitte; oder der vordere erwartet den hinteren; oder umgekehrt (Fig. 85). Sobald aber beide Kerne auf einander gestossen sind, verschmelzen sie mit einander und nur noch ein Kern ist nunmehr im Embryosack vorhanden. Er ist es, der bis jetzt als primärer Embryosackkern bezeichnet wurde. Die Verschmelzung der äusseren Kernmasse scheint leichter zu erfolgen als diejenige der Kernkörperchen, denn wir sehen

[1]) Zu *συνεργός* helfend, mitwirkend.

Digitized by Google

dieselben sich oft längere Zeit in Zweizahl erhalten (Fig. 86). Es ist aber, als wenn durch die Verschmelzung der von beiden Enden des Embryosackes stammenden Kerne, nach erfolgter Abgrenzung des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen, ein Gegensatz, der sich zu Anfang der Entwicklung ausgebildet, wieder ausgeglichen werden sollte. Durch diese Verschmelzung wird der gemeinschaftliche Embryosackkern erst wieder zu einem neutralen Gebilde.

Ich habe innerhalb eines Fruchtknotens einer etwas verspäteten Gipfelblüthe viele Eichen vorgefunden, deren Integumente unvollkommen geblieben, deren Embryosäcke aber ganz normal gebildet waren. Die Integumente deckten nur wenig die Embryosackspitze und erlaubten ein besonders eingehendes Studium derselben. Diesen Eichen habe ich einige meiner Bilder entnommen (Taf. II, Fig. 85, 87, 88, Taf. III, Fig. 95).

An jenen Eichen nun, doch mehr oder weniger auch an allen anderen normal gebauten, war festzustellen, dass die Basis der Gehülfinnen von einem homogenen Plasma gebildet werde, dem die Körncheneinlagerungen (Taf. III, Fig. 99 und 100) fehlen. Doch zeichnen sich diese Basen hier kaum durch besondere Lichtbrechung oder Streifung aus, so dass man sie nicht wohl Fadenapparate nennen kann, wenn sie auch diesen von Schacht zuerst beschriebenen Gebilden entsprechen. Ich werde daher auch in der Folge die Schacht'sche Bezeichnung nicht gebrauchen, sondern die jedesmalige Differenzirung besonders schildern (Taf. II, Fig. 85, 86, 87).

Die Membran des Embryosackscheitels ist über der Basis der Gehülfinnen besonders zart, oft wie grumös, oft schwer nachzuweisen. Häufig sitzen ihr, wie schon erwähnt, noch Reste der an dieser Stelle resorbirten Gewebetheile in Gestalt stark lichtbrechender Kappen auf.

Bis in die Einzelheiten hinein stimmen die Vorgänge im Embryosack von Monotropa mit denjenigen von Orchis überein. Da nun beide Pflanzne nicht nur verschiedenen Familien, sondern auch verschiedenen Abtheilungen der Metaspermen angehören, so war aus ihrer Uebereinstimmung schon einigermaassen auf allgemeine Bedeutung der bei Orchis gewonnenen Resultate zu schliessen.

Monotropa zeigt aber alle Entwicklungszustände noch schöner und deutlicher als Orchis und dürfte zur Prüfung meiner Angaben besonders zu empfehlen sein. Frisch lassen sich die Pflanzen Stunden lang in Zuckerwasser unverändert erhalten. Will man

Digitized by Google

Theilungsvorgänge der Kerne sehen, so fügt man dem Präparate, gleich nach dessen Anfertigung, einen Tropfen 1 % Osmiumsäure bei und wartet eine Viertelstunde, bis die Wirkung sich vollkommen geltend gemacht.

Ich will hier kurz meine Figuren der Monotropa erklären.

Taf. III, Fig. 105 stellt die vorderste, nur von einer einfachen Zellschicht des Eichenkerns überzogene Zelle der centralen Reihe in dem Augenblick dar, wo sich ihr Kern zur Theilung anschickt.

In Fig. 106 hat sich die von der vorerwähnten abgegebene Zelle durch Theilung verdoppelt, so dass zwei Zellen dem Embryosackscheitel aufsitzen. Der Eichenkern ist bis auf seinen oberen Theil resorbirt.

In Fig. 107 theilt sich der Embryosackkern und hat in Fig. 108 seine Theilung vollendet.

Fig. 109 zeigt uns wieder beide Kerne in der Spindelform; Fig. 110 in vorgeschrittener, Fig. 112 und 113 nach vollzogener Theilung. Schon auf dem Zustande der Fig. 108 waren die beiden kurz zuvor erzeugten vorderen Zellen und der Eichenkern resorbirt worden; ihre Reste bilden noch eine kleine, stark lichtbrechende Kappe auf dem Embryosackscheitel.

Die je zwei Kerne in dem vorderen und hinteren Ende des Embryosackes sehen wir in Fig. 114 sich nochmals verdoppeln und zwar sind hier besonders schön die sich in jedem Ende kreuzenden Theilungen zu verfolgen.

Fig. 115 zeigt uns den Augenblick, wo die Scheidewände am Eiapparat und an den Gegenfüsslerinnen innerhalb der Kernfäden zur Ausbildung kommen.

In Fig. 116 und 117 haben sich die Anlagen noch nicht gegen einander abgerundet, so dass sie besonders schön ihr gegenseitiges Verhältniss zeigen.

In Fig. 118 und 119 haben sie ihre definitive Gestaltung erlangt und beginnt nun die Wanderung der beiden Embryosackkerne gegen einander, die alsbald (Taf. IV, Fig. 120) zu deren Begegnung und Verschmelzung führt (Fig. 121).

Ich bin bei Monotropa einer Reduction der Gehülfinnen auf eine kaum jemals begegnet; doch hat es hier auch bei einer Lage des Embryosackes wie in Fig. 121 oft den Anschein, als wenn nur eine vorhanden wäre. Zufälliger Weise kann ein Mal auch das Ei abortiren, wodurch der Embryosack functionsunfähig wird.

Das Ei ist bei Monotropa tiefer als bei Orchis inserirt, daher

Digitized by Google

auch die Uebersichtlichkeit der in Fig. 114 und 115, Taf. III dargestellten Theilungen. Wie bei den Orchideen führen die Gehülfinnen hier den Kern in ihrer vorderen, die Vacuole in ihrer hinteren Hälfte; das Ei umgekehrt: die Vacuole in der vorderen, den Kern in der hinteren. Die Gegenfüsslerinnen zeigen ganz ähnliche Lagerungsverhältnisse wie die Zelle des Eiapparates. Eine besondere Differenzirung der Basis der Gehülfinnen ist kaum nachzuweisen. Die Embryosackhaut ist sehr dünn über denselben, wird meist lichtbrechender und grumös.

Der fertige Zustand von Pyrola rotundifolia wäre von demjenigen bei Monotropa nicht zu unterscheiden, wenn nicht alle Theile hier kleiner wären (Taf. IV, Fig. 141, 142, 143). In Fig. 144 war eine der beiden Gehülfinnen fast vollständig resorbirt, weshalb ich auf diese Figur besonders aufmerksam mache.

Völlig mit Monotropa und den Orchideen übereinstimmende Resultate ergaben mir die Cruciferen. Ich untersuchte Capsella Bursa pastoris und Aubrietia spatulata und zum Theil auch Cheiranthus Cheiri. Die Eichen der genannten Pflanzen sind so klein, dass sie, zuvor mit absolutem Alcohol fixirt, annähernd mit Kalilauge durchsichtig gemacht werden können. Freilich wären es nicht Objecte, die man zum Ausgangspunkte seiner Untersuchungen hätte wählen können; wohl aber genügte ihre Durchsichtigkeit, um sich über eventuelle Uebereinstimmungen mit schon bekannten Resultaten zu orientiren.

Ob auch hier Zellen nach vorn von der Embryosackanlage abgegeben werden, bevor diese in ihre specielleren Functionen eintritt, weiss ich nicht sicher, doch ist mir dies wahrscheinlich.

Im Uebrigen konnte ich aber im Embryosack ganz die nämlichen Theilungen verfolgen, wie ich sie für die früheren Fälle geschildert habe, und das Resultat war die Bildung von drei Zellen im Eiapparat und von drei Gegenfüsslerinnen.

Die Verschmelzung der beiden Embryosackkerne erfolgte hier weniger rasch als bei Monotropa oder bei den Orchideen, so dass man häufig beide neben einander liegend antreffen konnte.

Die Gegenfüsslerinnen sind bei den Cruciferen ähnlich wie bei den Orchideen sehr schwer sichtbar zu machen, daher die Angaben Hofmeister's, dass sie auch hier fehlen.[1]) Auf jüngeren Zuständen kann man sich von ihrer Existenz stets überzeugen.

Bei Cheiranthus Cheiri (Taf. VII, Fig. 77) sowohl, als

[1]) Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. I, p. 87.

Digitized by Google

auch bei Capsella und Aubrietia sah ich die Embryosackwand an der Stelle, wo die Hautschicht der Gehülfinnen und des Eies ansetzt, einen ringförmigen Vorsprung bilden.

Die reifen Gehülfinnen werden bei den Cruciferen in ihrem vorderen Theile, bis auf ein Drittheil etwa ihrer ganzen Länge, von einer farblosen, homogenen, stärker das Licht brechenden Substanz gebildet. Eine Streifung ist aber an derselben auch hier nicht nachzuweisen. Sobald die Gehülfinnen die genannte Differenzirung erfahren haben, erscheint die Embryosackwand an ihrer Ansatzstelle resorbirt.

Bei Berteroa incana sah ich den Embryosack öfters frei auf eine kurze Strecke hin aus der Mikropyle hervorwachsen.

Bei Cheiranthus Cheiri fand ich an zwei untersuchten Stöcken fast ausnahmslos nur je einen Embryosack im Eichen. Dieser Embryosack vergrössert sich rasch nach Anlage des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen und verdrängt nach vorn und nach hinten das angrenzende Gewebe. Vorn sah ich ihn meist bis an die Integumente vordringen, hinten bis an die Basis des Eichenkernes, dessen äussere Zellenlagen ihn zunächst noch scheidenartig umfassen, später aber ebenfalls zerstört werden.

Um mich aus eigener Anschauung über die Anlage mehrerer Embryosäcke in einem Eichen zu orientiren, untersuchte ich Rosa livida.

Nach Hofmeister [2]) enthält bei den Rosen der fleischige Eichenkern stets mehrere Embryosäcke. Hiervon konnte ich mich auch für Rosa livida überzeugen. Im fertigen Zustande sah ich die Embryosäcke stets in Mehrzahl den Eichenkern durchsetzen, sich nach hinten und im grössten Theile ihres Verlaufs unmittelbar an einander haltend, um erst mit den vorderen Enden zu divergiren. Hier aus einander weichend wachsen sie in das umgebende Gewebe hinein (Taf. VII, Fig. 72), meist dringt einer bis zu den Integumenten vor und dieser führt dann auch allein den aus drei Zellen bestehenden Eiapparat, während es in den anderen bei einer Ansammlung formlosen Protoplasmas im vorderen Ende bleibt. Alle die vorhandenen Embryosäcke zeigen sich an ihrem vorderen Ende mehr oder weniger keulenförmig angeschwollen.

---

[1]) Tulasne hat bei der von ihm untersuchten Pflanze meist 5–6 Embryosäcke gesehen (Ann. d. sc. nat. 3. S. T. XII, p. 82, 1849). Auch Schacht scheint mehrere Embryosäcke beobachtet zu haben. (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I, p. 202.)

[2]) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I, p. 100.

Digitized by Google

Auf Schnitten durch junge Eichen, die übrigens ihr Integument schon lange ausgebildet haben, findet man im Grunde des Nucellus [1]), ein Nest von Zellen, die durch ihren reicheren protoplasmatischen Inhalt ausgezeichnet sind. Die eingehende Untersuchung zeigt, dass dieses Nest im Inneren von längeren Zellen gebildet wird, die mehreren axilen Zellreihen des Eichenkerns zugehören, im Umkreis von kleinen Zellen, welche concentrischen Theilungen des umgebenden Gewebes ihre Entstehung verdanken (Taf. VII, Fig. 73). Die meisten der langen, inneren Zellen werden zu Embryosackanlagen, einige lassen sich frühzeitig von dem rascher anwachsenden verdrängen. Jede Embryosackanlage scheidet zunächst nach hinten eine oder zwei sich weiter vermehrende Zellen ab; diese Zellen scheinen denjenigen zu entsprechen, die bei Orchis und Monotropa nach vorne gebildet werden. Dies vordere Ende des Embryosackes beginnt aber gleich, sich dabei öfters zuspitzend, in das benachbarte Gewebe einzudringen. Von den hinteren Zellen ist die definitive Embryosackanlage nicht nur durch ihre grössere Länge, sondern auf diesem Zustande bereits durch das Vorhandensein eines vorderen und hinteren Zellkernes zu unterscheiden (Taf. VII, Fig. 74 und 75).

Die weiteren Entwicklungszustände habe ich bei Rosa nicht verfolgt; das Material hierzu ist nicht günstig; wohl kann ich aber noch angeben, dass auch hier der definitive Embryosackkern aus der Verschmelzung eines vorn und eines hinten gebildeten hervorgeht. Wir haben so die beiden Endglieder der Entwicklungsreihe gewonnen, und da Rosa ausserdem auch drei Zellen im Eiapparat und, wie ich noch hinzufüge, auch drei Gegenfüsslerinnen besitzt, so ist es wohl zweifellos, dass sich ihre ganze Entwicklung wie bei den Orchideen, Monotropa und den Cruciferen abwickelt.

Nach der Befruchtung, das sei nur noch hinzugefügt, nimmt der fertile Embryosack weiter an Grösse zu und hat bald alle anderen verdrängt.

Eine Anzahl Schnitte, die ich durch junge Saamenknospen von Ornithogalum nutans ausführte, gaben mir Bilder wie die in Fig. 1 und 2, Taf. V dargestellten.

Hervorgehoben sei hier gleich, dass, so weit es sich an den bereits genannten und an den noch folgenden Objecten um Schnitte handelt, diese, wenn nicht ausdrücklich anders bemerkt, stets an

[1]) Besser statt des vieldeutigen „Nucleus“ zu brauchen.

Digitized by Google

mit absolutem Alcohol erhärtetem Material ausgeführt wurden. Dieses Material legte ich vor der Untersuchung, auf circa 24 Stunden, in ein Gemisch von absolutem Alcohol und Glycerin, was die Ausführung der Schnitte besonders erleichterte. Der Inhalt des Embryosackes lag auf diese Weise fixirt und bei günstigen Schnitten unversehrt erhalten vor meinen Augen. So konnten auch stets an einem und demselben Objecte übereinstimmende Resultate erzielt werden, während die Widersprüche älterer Angaben sich eben aus dem Umstande ergeben, dass durch die beliebten Präparationsmethoden frischer Objecte der Embryosackinhalt stets in mehr oder weniger alterirter Form der Beobachtung vorlag.

Die für Ornithogalum erhaltenen Bilder sprachen wiederum für eine Identität der im Embryosack dieser Pflanze sich abspielenden Vorgänge mit den uns bereits bekannten.

Die Zellen des Eiapparates waren in Fig. 1, Taf. V in Dreizahl, in Fig. 2 in Zweizahl vertreten. Die Dreizahl wiegt, namentlich auf jungen Zuständen, bei Ornithogalum bei weitem vor (Fig. 3 und 5); im fertigen Zustande findet man nicht selten nur eine Gehülfin. Es mag die Theilung des primären Gehülfinnenkernes manchmal unterbleiben, auch die eine von beiden Gehülfinnen später obliteriren können. Das Erstere war der Fall in Fig. 2. Stets fand ich hier drei Gegenfüsslerinnen, nie weniger, nur ein Mal eine auffallende Vermehrung derselben (Fig. 7).[1]) Ei wie Gehülfinnen führen hier ihre Kerne im hinteren Theile; besondere Vacuolen markiren sich nicht in ihnen. Das Ei ist nur wenig tiefer als die Gehülfinnen inserirt, namentlich ist die Differenz in der Höheninsertion gering, wenn nur die Gehülfin vorhanden ist. Das vordere Ende der Gehülfinnen ist stärker lichtbrechend. Die Embryosackwand ist stark gequollen über deren Ansatzstellen (Taf. V, Fig. 3).

In einem jungen Eichen von Delphinium villosum fand ich die Zellen des Eiapparates noch in einer Anordnung erhalten, die auf ihren Ursprung, wie in den bisher besprochenen Fällen, hindeutete (Taf. VII, Fig. 78). Das Ei ist bei Delphinium nur um ein Weniges tiefer inserirt als die beiden Gehülfinnen, wie das Fig. 79 und 80 für den fertigen Zustand zeigen. Die Gegenfüsslerinnen wachsen hier zu ungewöhnlicher Grösse (Fig. 81 b) an

[1]) Nach Hofmeister sollen die Triticeen, normaler Weise, 6—12 Gegenfüsslerinnen führen, l. c., p. 677.

Digitized by Google

und umgeben sich gleichzeitig mit festen Cellulosewänden. Wie klein hier die Zellen des Eiapparates im Verhältniss zu den Gegenfüsslerinnen sind, zeigt der Vergleich der Fig. 81 a u. 81 b, welche beide demselben Embryosack entnommen und bei derselben Vergrösserung gezeichnet worden sind. Besondere Differenzirungen am vorderen Ende der Gehülfinnen sind hier kaum zu bemerken; die Embryosackwand erschien stark gequollen an diesen Stellen.

Die Eichen anderer Metaspermen habe ich vorwiegend nur im fertigen Zustande untersucht; ich wählte sie aus möglichst verschiedenen Familien, doch vorwiegend auch solche, die mir auf Grund früherer Untersuchungen ein besonderes Interesse zu bieten schienen.

Von Monocotylen studirte ich eingehender noch: Crocus vernus, Gladiolus communis, Allium odorum, Nothoscordum striatum, Nothoscordum fragrans und Funkia ovata.

Von Dicotyledonen: Ricinus communis, Rheum crassinervium, Scabiosa micrantha und atropurpurea, Gaura biennis, Oenothera Drumondii, Agritemma Githago, Viola tricolor, Helianthemum serpyllifolium, Bartonia aurea, Gloxinia hibrida, Sinningia Lindleyana und Torenia asiatica.

In allen diesen Fällen fand ich je drei Zellen im Eiapparat: ein Ei und zwei Gehülfinnen, nur ganz ausnahmsweise zwei Zellen: ein Ei und eine Gehülfin und fast ausnahmsweise je drei Gegenfüsslerinnen, so dass ich annehmen muss, dass diese Verhältnisse für die meisten Metaspermen Geltung haben.

Bei Crocus vernus (Taf. V, Fig. 23 und 24) und Gladiolus (Taf. V, Fig. 13–16) sind die Gehülfinnen in ihren vorderen Theilen stark verjüngt und ragen mit denselben in die Mikropyle des Eichens hinein. Schacht hat zuerst eine bestimmte Streifung an diesen Gebilden nachgewiesen [1]) und sie daher eben als Fadenapparate bezeichnet. Er gibt an, sie mit Chlorzinkjod gefärbt zu haben, bis auf die Streifen [2]), die eine braune Färbung annahmen. Hofmeister hat hingegen den Schacht'schen „Fadenapparat" für eine eigenthümliche Verdickung der Embryosackwand erklärt. [3])

---

[1]) Monatsb. d. A. d. W. zu Berlin, p. 267, 1856.

[2]) Zunächst für Watsonia, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I, p. 194, 1858. Für Crocus zuletzt im Lehrbuch d. Anat. u. Phys. Bd. II, p. 386, 1859.

[3]) l. c., p. 679.

Digitized by Google

Wie aus meinen Abbildungen zu ersehen, zeigen die vorderen verjüngten Hälften der Gehülfinnen in der That eine longitudinale Streifung. Diese Streifung fehlte nur ihrer vordersten, homogenen Spitze. Bei Anwendung von Chlorzinkjod färbte sich an meinen Präparaten nur die erwähnte homogene Spitze schön blau; sie scheint aus einem celluloseähnlichen Stoffe zu bestehen. Die Streifen, sowie der hintere, körnige Körper der Gehülfinnen färbten sich braun, die von den Streifen durchzogene homogene Substanz schwach bräunlich. Jüngere Zustände lehrten mich, dass der Embryosackscheitel zunächst nach Anlage des Eiapparates, der Streckung der in der Richtung der Mikropyle lang auswachsenden Gehülfinnen folgt, dass aber, kurz vor der Reife, diese den Embryosackscheitel mit ihren Enden durchbrechen. Auch in dieser Beziehung hat also Schacht gegen Hofmeister Recht, der hier und in allen Fällen eine Durchbrechung des Embryosackscheitels durch die „Keimbläschen" in Abrede stellt.[1]) — In ihrem hinteren Theile führen die Gehülfinnen eine Vacuole und dicht nach vorn auf diese folgend, den Zellkern (Taf. V, Fig. 13, 14, 15, 23, 24).

Die Eizelle ist tiefer inserirt, annähernd oval, sie führt ihren Kern im hinteren Ende, die Vacuole im vorderen und selbstverständlich keine Spur des an den Gehülfinnen beschriebenen Gebildes. Um die gegenseitige Selbständigkeit der einzelnen Zellen im Eiapparat zu beweisen, diene die Fig. 16, die einen Fall darstellt, in dem es mir gelungen ist, Ei und Gehülfinnen von einander zu trennen.

Es ist merkwürdig, dass Schacht, der so viele Bilder von Crocus, Gladiolus und Watsonia geliefert hat, die Eizelle stets übersehen, oder sie doch in Zusammenhang mit einer der Gehülfinnen bringen konnte.[2]) Von Hofmeister's Bildern für Crocus entspricht die Figur eines noch unbefruchteten Zustandes (Fig. 26 b, Taf. XXI) und eine Anzahl Figuren der befruchteten Zustände fast vollständig der Wirklichkeit.[3]) Hofmeister hat auch richtig angegeben, dass von den vorhandenen „Keimbläschen", die er sich freilich meist in Zweizahl denkt, das untere befruchtet werde. Von dem Vorhandensein einer Zellstoffhaut um die unbefruchteten

[1]) l. c., p. 681.

[2]) Monatsb. d. A. d. Wiss. zu Berlin 1856, p. 266 u. ff. Taf. I u. II. Bot. Zeit. 1858, Taf. II u. a. a. O. Ebenso bei Watsonia, Jahrb. für wiss. Bot. Bd. I. Taf. XI etc.

[3]) Abh. d. math.-phys. Cl. d. K. S. Ges. d. W. V. Bd.

Digitized by Google

„Keimbläschen", wie dieselbe von Hofmeister [1]) behauptet wird, habe ich mich weder bei Crocus noch in anderen Fällen überzeugen können. [2]) Es war wenigstens nie eine Haut da, von der sich, wie dies sofort nach der Befruchtung geschieht, der protoplasmatische Inhalt bei Alcoholbehandlung zurückgezogen hätte. Wohl aber kann die Hautschicht um Eier wie Gehülfinnen oft eine sonst ungewohnte Consistenz erlangen. Gladiolus (Taf. V, Fig. 17) und Crocus besitzen sehr schön entwickelte grosse Gegenfüsslerinnen, die sich mit Zellhaut umhüllen.

Allium odorum fand ich durchaus dem Ornithogalum ähnlich, doch stets mit drei Zellen im Eiapparat.

Nothoscordum striatum (Taf. VI, Fig. 31, 32) ist auch nicht viel verschieden, doch die Differenzirung der vorderen Hälfte der Gehülfinnen viel auffallender. Diese ist stärker lichtbrechend, homogen und gestreift. Die übrigen Verhältnisse zeigen die Figuren, nur will ich bemerken, dass hier wieder in Fig. 3' die eine Gehülfin die andere deckt.

Von Nothoscordum fragrans und von Funkia ovata soll später die Rede sein.

Die Gehülfinnen bei Ricinus communis werden vorn bis auf ein Dritttheil von homogener, stark lichtbrechender Substanz — ohne sichtbare Streifung — gebildet. Der homogene Theil zeigt durchaus dieselbe Breite wie der übrige Körper der Gehülfinnen. Die Embryosackwand wird an den entsprechenden Stellen resorbirt. Das Ei ist nur wenig tiefer inserirt als die Gehülfinnen (in Taf. IX, Fig. 6, links), zeigt trotzdem nicht die Spur einer besonderen Differenzirung an seiner Ansatzstelle.

Zur Untersuchung von Rheum crassinervium, das zu meiner Verfügung stand, veranlasste mich die Angabe von Sachs, dass bei Rheum undulatum nur ein Keimbläschen vorhanden sei. Wie ich nunmehr wohl erwarten konnte, fanden sich ein Ei und zwei Gehülfinnen auch hier vor, letztere sind aber relativ flach und daher leicht zu übersehen.

Bei Scabiosa micrantha (Taf. IX, Fig. 3 und 4) wird der Embryosack von einer besonderen Schicht kleiner, inhaltsreicher Zellen umrahmt. Das Ei und die Gehülfinnen sind hier verhältnissmässig sehr gross, die Gegenfüsslerinnen (Fig. 4) weniger

---

[1]) l. c., p. 671.

[2]) Ebenso wenig fand dieselbe Schacht. Vergleiche Botanische Zeitung, S. 23, 1858.

Digitized by Google

auffallend. Eigenthümlich ist die vordere Differenzirung der Gehülfinnen; ihr zugespitztes Ende erscheint von einem Büschel nach vorn convergirender Fäden durchzogen; jeder Faden endet aber nach hinten in einem kleinen Knötchen.

Scabiosa purpurea müsste nach Hofmeister [1]) bis 5 „Keimbläschen" haben; in Wirklichkeit fand ich hier die Verhältnisse nie anders als bei Scabiosa micrantha, nur dass die Streifung im vorderen Ende der Gehülfinnen weniger ausgeprägt war (Taf. IX, Fig. 5).

Bei Gaura biennis tritt ein vorderer, homogener Theil an den Gehülfinnen deutlich in die Erscheinung (Taf. VIII, Fig. 29, 30). Die Gegenfüsslerinnen liegen im unteren, stark verjüngten Ende des Embryosackes (Taf. VIII, Fig. 31). Dieses scheint auf den ersten Blick nur von stark lichtbrechendem Protoplasma erfüllt zu sein. Oenothera Drumondii verhält sich wie Gaura.

Auch bei Agrostemma Githago fand ich im vorderen Embryosackende ein Ei und zwei Gehülfinnen, während Hofmeister angibt [2]), dass bei dieser Pflanze zwar zwei bis drei kugelige Zellkerne im Mikropylende des Embryosackes sichtbar werden, aber bis auf einen, um den sich eine Zelle bilde, fehlschlagen.

Für Viola tricolor sind von verschiedenen Seiten je zwei „Keimbläschen" angegeben worden, thatsächlich führt aber auch der Embryosack dieser Pflanze normaler Weise zwei lange Begleiterinnen und ein grosses Ei (Taf. IX, Fig. 1 und 2). Die Gehülfinnen sind lang gestreckt, vorn scharf abgeschnitten, nach hinten mit je einem Zellkern und weiter je einer Vacuole versehen. Die vorderen Enden sind homogen, die homogenen Stellen setzen scharf von der anstossenden, körnigen Substanz ab (Fig. 1); ganz zu äusserst ist eine kleine, stark lichtbrechende, linsenförmige Partie an der homogenen Substanz besonders differenzirt, sie scheint den beiden Gehülfinnen gemeinsam zu sein (Fig. 1). Das grosse Ei hat ansehnliche Breite, relativ aber nur geringe Tiefe, wie dessen Seitenansicht (Fig. 2) zeigt, in der es krugförmig erscheint. Der Kern des Embryosackes verräth hier lange seinen zweitheiligen Ursprung.

Helianthemum serpyllifolium, das ich auch untersuchte, zeigte ebenfalls ein und zwei Gehülfinnen unter ähnlichen Verhältnissen wie Gaura.

---

[1]) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I, p. 122.

[2]) Entstehung des Embryo, p. 51, 1849.

Digitized by Google

Ein besonderes Interesse schien mir Bartonia aurea zu bieten, der vorderen Aussackung wegen, die sich am Embryosack findet. Nach Hofmeister wird diese Aussackung nach vollendeter Ausbildung der „Keimbläschen" angelegt und durch eine Querwand vom übrigen Raum des Embryosackes geschieden. An dieser Querwand haftet eines oder beide Keimbläschen, die Dreizahl soll selten sein. In der Aussackung des Embryosackes entsteht ein freier, kugeliger Zellkern; unter Umständen findet man einen dicken Strang körnigen Schleimes in derselben, der von der Basis bis zum Mikropyl-Ende der Aussackung in deren Axe verläuft. [1])

Meine Untersuchungen lehrten mich, dass die vordere Aussackung des Embryosackes von Bartonia sich gleichzeitig mit der Anlage des Eiapparates zu bilden beginnt. Ihre Entstehung wird veranlasst durch ein starkes Wachsthum der vorderen Theile der beiden Gehülfinnen, die die Embryosackwand über ihnen zu gleichem Wachsthum veranlassen (Taf. IX, Fig. 8, 9, 10). Jede Gehülfin führt in ihrem hinteren Theile eine grosse und sich stets noch vergrössernde Vacuole; über dieser Vacuole liegt stets noch ihr Zellkern, so dass Hofmeister für alle Fälle zwei Zellkerne und nicht einen in dieser vorderen Aussackung hätte sehen sollen. Die Gehülfinnen beginnen alsbald dicht vor ihrem hintersten Rande anzuschwellen, wodurch auch die Anschwellung der ganzen Aussackung, respective die verjüngte Stelle unter der Aussackung entsteht. — In Fig. 8 und 10 sind beide Gehülfinnen zu sehen, in Fig. 9 deckt die eine die andere. Sind beide völlig ausgewachsen, wie in Fig. 11, so hat die vordere Aussackung meist die Länge des übrigen Embryosacktheils erreicht. Fast die ganze, über der Einschnürung liegende Partie der Gehülfinnen wird von je einer langgezogenen Vacuole eingenommen. Das Protoplasma bildet nur noch einen dünnen Wandbeleg um dieselbe, ausserdem aber auch noch die vorderen, soliden Spitzen an den Gehülfinnen, welche zum Theil körnig, weiter nach vorn schwach gestreift erscheinen und endlich in je einer ganz homogenen Stelle enden. Im fertigen Zustande haben diese beiden verjüngten Enden der Gehülfinnen die Haut des Embryosackscheitels durchbrochen und ragen an dieser Stelle ein wenig über dieselbe hervor (Fig. 11). In dem Wandbeleg und zwar in der unteren Hälfte der Aus-

[1]) Vergl Entstehung des Embryo, p. 39. Jahrb. für wiss. Bot. Bd. I, p. 145; Abhandl. etc., p. 643.

Digitized by Google

sackung sind die Zellkerne der Gehülfinnen zu finden. Die Protoplasmawände, die sie hier trennen, mögen die Veranlassung zu dem axilen Strange körnigen Protoplasmas gegeben haben, von dem Hofmeister spricht.

Das fast kegelförmige Ei ist einseitig, dicht unterhalb der Verengung an der Embryosackwand inserirt und führt seinen Zellkern in der hinteren Ansammlung aus Protoplasma. Dass die Entwicklungsvorgänge bei Anlage des Eiapparates und der drei Gegenfüsslerinnen, welche letzteren Hofmeister nicht abbildet, hier dieselben sind, wie wir sie anderwärts gefunden, das zeigt wohl noch der Zustand (Fig. 8, Taf. IX), in welchem die beiden Embryosackkerne noch nicht zu einem einzigen verschmolzen sind.

Ein schönes Demonstrationsobject sind die Eichen von Gloxinia hibrida, Sinningia Lindleyana und vornehmlich Torenia asiatica. Alle drei Pflanzen sind aber im Sommer leicht zu beschaffen. Die Eichen der zuerst genannten Gloxinia und vornehmlich der Sinningia sind in der Gegend des Embryosackscheitels durchaus durchsichtig, so dass man Eier und Gehülfinnen klar durchscheinen sieht. Diese Durchsichtigkeit tritt hier übrigens erst zur Zeit der Reife ein, auf jüngeren Zuständen führen die Zellen des Integumentes Stärke, die den Einblick in das Innere des Eichens verwehrt. Die nahverwandten Achimenes-Arten, die ich untersuchte, behalten ihre Stärke auch im ausgewachsenen Zustande und sind somit auf keinem Entwicklungszustand für die unmittelbare Beobachtung zu verwerthen.[1]) Da die Eichen bei den Gesneraceen in so grosser Anzahl auf den Placenten gebildet werden, so kann man sie auch in jedem Präparat von Gloxinia und Sinningia in grossen Mengen erhalten und habe ich viele Hunderte derselben unter Zuckerwasser durchmustert. Fast ausnahmslos sah ich bei Gloxinia und Sinningia zwei den Scheitel einnehmende Gehülfinnen und das etwas tiefer inserirte Ei (Taf. VIII, Fig. 23, 24) und zwar ganz ähnlich ausgebildet, wie bei den Orchideen. Der Embryosack ist bei Gloxinia und Sinningia in der vorderen Hälfte angeschwollen, in der hinteren gleichmässig verengt (Fig. 23). Das Eichen ist aber in seinem hinteren Theile bei Sinningia durchsichtiger als bei Gloxinia, so dass man sich bei ersterer von dem

[1]) Nach Hofmeister scheinen übrigens auch einige Achimenes-Arten ganz durchsichtig zu sein, wenig günstig fand er Gloxinia superba. Entst. des Embryo, p. 37.

Digitized by Google

Vorhandensein der Gegenfüsslerinnen überzeugen kann (Fig. 23), was bei der letzteren nicht gut gelingt.

Bei Torenia asiatica (Taf. VIII, Fig. 1 – 9) wächst bekanntlich die Embryosackspitze aus der Mikropyle hervor, und bilden diese Pflanzen wohl das günstigste Object, um sich über den Bau des Eiapparates rasch zu orientiren. Ich habe hier ohne Ausnahme drei Zellen im Eiapparat gefunden [1]) und zwar im ähnlichen gegenseitigen Verhältniss wie bei Gloxinia und Sinningia. Während aber bei Gloxinia und Sinningia das vordere Ende der Gehülfinnen im Wesentlichen dieselben Verhältnisse zeigt wie bei Orchideen, ist dasselbe hier in markirter Weise differenzirt. Es trägt eine scharf gegen den hinteren, körnigen Theil abgegrenzte, homogene, stark lichtbrechende Kappe (Taf. VIII, Fig. 6, 7, 8, 9). Diese Kappe zeigt hin und wieder eine ganz schwache Streifung. Es ist leicht, hier die Entwicklungsgeschichte dieser Differenzirung zu verfolgen. Wie Fig. 2 zeigt, ist auf diesem Zustande trotz völliger Ausbildung des Eiapparates noch nichts von den Kappen zu sehen. In Fig. 3 beginnt diese Bildung durch Ausscheidung oder vielleicht durch directe Substanzmetamorphose an der Trennungsfläche beider Gehülfinnen. So entsteht der in Fig. 3 abgebildete, stark lichtbrechende, linsenförmige Körper. Die Vergrösserung desselben schreitet fort (Fig. 4), greift bald über die vordere Fläche der Gehülfinnen (Fig. 5) und wird endlich perfect. Gleichzeitig mit der Ausbildung der Kappen sieht man die Embryosackwand über denselben immer dünner werden und endlich verschwinden (Fig. 7, 8, 9), so dass die Kappen direct nach aussen stehen. Mit Chlorzinkjod lassen sie sich schön blau färben, während die übrigen Theile der Gehülfinnen und das etwas tiefer inserirte Ei braun werden.

Bei Sinningia kommen hin und wieder instructive Abweichungen im Bau des Eiapparates vor. Manchmal, wenn auch nur selten, wird nur eine Gehülfin angelegt, oder es kommt nur eine zur Entwicklung. Ganz selten abortiren beide (Taf. VIII, Fig. 25) und nur das Ei, etwas abnorm gestaltet, ist geblieben. Ich glaube nicht, dass dasselbe in diesem Falle hätte befruchtet werden können. Oefters sah ich das Ei nicht an die Wand des Embryosackes, sondern an die hinteren Ränder der beiden Gehülfinnen ansetzen. Zwei solche Fälle sind in Fig. 26 und 27

[1]) Schacht bildet übrigens auch wieder nur zwei Zellen ab. Bot. Zeitung 1858, Taf. III, Fig. 16 und 17.

Digitized by Google

dargestellt. Endlich sind mir zwei Fälle vorgekommen, wo zwei Eier statt eines einzigen vorhanden waren (Taf. VIII, Fig. 28) und jedes an einer der Gehülfinnen hing.

Diese letzterwähnten abnormen Fälle bei Sinningia sind nun geeignet, uns die Deutung der Verhältnisse bei Santatum album einzuführen. Diese Pflanze ist wiederholt schon Gegenstand besonderer Untersuchung gewesen. Zuerst beobachtete sie Griffith frisch in Ostindien [1]), dann Henfrey [2]) und zuletzt Schacht [3]) an Alcoholexemplaren.

Dank der Güte des Herrn Prof. Alexandrowicz standen mir die Schacht'schen Präparate zur Verfügung; dann eine Anzahl Blüthen in Alcohol aus der Schacht'schen, heute in Warschau befindlichen Sammlung; endlich Blüthen in Alcohol aus der Sammlung des bot. Gartens zu Paris; diese letzteren hatte mir Herr Jules Poisson gefälligst gesandt.

Ueber jüngere Blüthenanlagen verfügte ich nicht, so dass ich die Entwicklungsgeschichte der im Embryosack gebildeten Zellen nicht verfolgen konnte; nichtsdestoweniger glaube ich auf Grund der zahlreichen Präparate, die ich durchmusterte, eine richtige Deutung des Eiapparates geben zu können.

Die herrschende Auffassung ist, dass hier der frei aus dem nackten Eichen zu bedeutender Länge herauswachsende Embryosack zwei „Keimbläschen" in seinem Scheitel führe; diese „Keimbläschen" besitzen, nach Schacht, einen sehr entwickelten „Fadenapparat" und soll die Membran des Embryosackes über demselben resorbirt werden.

Meine Untersuchungen lehrten mich, dass der Eiapparat hier wie in dem zuletzt erwähnten Ausnahmefalle bei Sinningia aus vier Zellen aufgebaut wird. Die vordere Spitze des schlauchförmigen Embryosackes nehmen, dieselbe ganz ausfüllend, 2 Gehülfinnen ein, an diese aber schliessen sich nach hinten zwei Eier an. Die Grenzschichten aus Hautplasma zwischen Gehülfinnen und Eiern sind meist nur wenig markirt, und ihre Masse von den körnigen Stoffen, welche die beiden Eier und die Gehülfinnen führen, noch verdeckt. Ebenso verbergen diese Stoffe gewöhnlich die Zellkerne, welche Anhaltepunkte für die Deutung hätten geben können.

---

[1]) The annals and magazine of natural history 1843 und Transact. of the Linn. Soc. Vol. XIX, p. 171, 1845.

[2]) Transact. Linn. Soc. Vol. XXII, p. 69. 1859.

[3]) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IV, p. 1. 1865—66.

Digitized by Google

Ein günstiges Präparat, wie Fig. 12, Tafel IX (aus dem Pariser Material gewonnen) kann übrigens auf ein Mal das ganze Verhältniss klar legen. In dem noch jugendlichen, ausnehmend inhaltsarmen Eiapparate waren mit aller erforderlichen Klarheit nicht nur die Grenzlinien zwischen Gehülfinnen und Eiern, sondern auch alle vier Zellkerne zu sehen.

Dieselben werden wir nun auch in allen anderen Präparaten zu suchen wissen (Fig. 13, 14, 15 a).

Die Gehülfinnen bestehen hier bis auf zwei Drittheile ihrer Länge aus homogener, lichtbrechender Substanz. Die Streifung dieser Substanz tritt hier aber besonders schön hervor; die Streifen sitzen an den hinteren, körnigen Inhaltsmassen und convergiren im bogenförmigen Verlauf nach dem vorderen und inneren Rande jeder Gehülfin, ohne diesen Rand jedoch zu erreichen; vielmehr erscheint die Substanz an jener Stelle ganz structurlos. Diese structurlosen Stellen sind es, die mit Chlorzinkjod die schönste blaue Färbung annehmen, eine Färbung, die sich nach hinten zu allmählich verliert.

Ich möchte fast vermuthen, dass die Streifen, wo sie auftreten, die Richtung andeuten, in der die Sonderung der mit Chlorzinkjod sich färbenden Substanz, also wohl der Cellulose, vor sich ging.

Der Kern der Gehülfin liegt immer in ihrem mit körnigem Protoplasma erfüllten hinteren Drittheil.

Die Embryosackhaut überzieht auf jüngeren Zuständen gleichmässig die Gehülfinnen (Taf. IX, Fig. 13, 14). Während sie aber am Scheitel zart und farblos bleibt, sieht man sie alsbald seitlich um die Gehülfinnen eine gelbliche Färbung annehmen, nämlich cuticularisiren. Endlich wird das Stück am Embryosackscheitel resorbirt und zwar entsteht ein einziges Loch, wenn die Spitzen der Gehülfinnen scharf zusammen neigen, oder je ein Loch über jeder Gehülfin, wenn ihre Spitzen etwas divergiren. Dieser Umstand beweist wohl hinlänglich, dass die Auflösung der Embryosackwand von den Gehülfinnen besorgt wird; ja ich bin der Ansicht, dass auch da, wo die Embryosackwand über den Gehülfinnen nicht gelöst wird, sondern nur quillt, die Gehülfinnen die Quellung veranlassen.

In Kali werden die Cellulosepfropfen sowohl bei Santhalum als auch bei Torenia, d. h. so weit ich den Versuch überhaupt anstellte, aufgelöst.

Schacht lässt (l. c.) nach der Befruchtung eine wagerechte

Digitized by Google

Wand im Embryosack sich bilden, die, vom Umkreise des letzteren ausgehend, zwischen „Fadenapparat und Protoplasmakugel“ eindringt und beide von einander trennt. In Wirklichkeit sieht man schon im unbefruchteten Zustande, annähernd an der Grenze zwischen Gehülfinnen und Eiern, die Embryosackwand einen Vorsprung bilden, der um ein Weniges zwischen dieselben eindringt (Taf. IX, Fig. 12, 13, 14, 15a, 15b). Bis an diesen Vorsprung ist die vordere Embryosackwand cuticularisirt, jenseits desselben ist sie farblos und gequollen, das Letztere namentlich auch an der Stelle des Vorsprungs selbst. Die cuticularisirte Embryosackwand ist auch als Scheidewand zwischen den beiden Gehülfinnen meist zu verfolgen. Es muss also zwischen denselben frühzeitig eine Cellulosewand ausgebildet worden sein, die dann den Veränderungen der äusseren Embryosackwand folgte.

An die quer eindringende Leiste setzen die äusseren Hautschichtwände der Eier an. Mit der Innenfläche berühren sich beide Eier mehr oder weniger vollständig, doch ist die sie trennende Hautschichtwand bis hinauf an die Gehülfinnen zu verfolgen.

Fast genau kommt je ein Ei unter eine Gehülfin zu liegen.

Nur in seltenen Fällen sind beide Eier völlig gleich entwickelt; gewöhnlich gewinnt frühzeitig das eine die Oberhand und verdrängt mehr oder weniger das andere (Fig. 13, 14), auf dessen Kosten sich vergrössernd.

Ich nehme an, dass bei Santalum der für das Ei bestimmte Kern sich theilt, also ein Theilungsschritt mehr hier ausgeführt wird, als in den bisher betrachteten Fällen und dass auf diese Weise die für die zwei Eier erforderlichen Kerne geliefert werden. Ich habe, wie schon früher erwähnt, die Entwicklungsgeschichte hier nicht verfolgen können, doch schliesse ich auf das Gesagte aus zwei Umständen. Zunächst fand ich öfters am Grunde des Embryosackes zwei in Verschmelzung begriffene Kerne, zum Beweis, dass auch hier ein Kern vom Eiapparat aus an den Embryosack abgegeben und nicht etwa dort als zweiter Eikern verbraucht wird. Dann scheint hier die Bildung der beiden Eier etwas später als diejenigen der Gehülfinnen zu erfolgen, was ganz natürlich wäre, wenn der Eikern noch eine weitere Theilung durchzumachen hätte. Auf diese spätere Bildung der Eier schliesse ich aber aus den relativ häufigen Missbildungen, wo nur die beiden Gehülfinnen vorhanden sind, die Eier aber fehlen. Fig. 16 stellt einen Fall vor, in dem nur etwas schaumiges Protoplasma

Digitized by Google

sich statt der Eier an der Hinterseite der Gehülfinnen angesammelt hatte. Dass aber der Eikern selbst, nicht etwa der zurückbleibende Embryosackkern, ein zweites Mal sich theilt, möchte ich aus dem Umstande folgern, dass beide Eier so völlig in gleicher Höhe inserirt und oft so völlig gleich entwickelt sind, wie ein Schwesterzellenpaar sich nur zeigen kann.

Doch werden spätere Untersuchungen erst definitiv über diesen Punkt zu entscheiden haben.

Ergänzende Beobachtungen, die ich an Thesium anzustellen versuchte, ergaben keine sicheren Resultate, Aristolochien aber zeigten drei Zellen im Eiapparate. Letzteres Verhältniss scheint auch für Loranthaceen zu gelten, an die ich mich nun mit meinen Fragen wenden wollte; wenigstens geht aus der Abbildung Hofmeister's (l. c., Taf. VII, Fig. V) für Viscum wohl sicher hervor, dass letzteres zwei Gehülfinnen und nur ein etwas tiefer, seitlich inserirtes Ei besitzt. So ist mir das Verhalten von Santalum, abgesehen etwa von den zwei bei Sinningia beobachteten abnormen Fällen, bis jetzt vereinzelt geblieben; möglich, dass spätere Untersuchungen es aus seiner Isolirung befreien.

Digitized by Google

Die Befruchtung der Phanerogamen.

Die Vorgänge der Befruchtung bei den Coniferen hatte ich wiederholt Gelegenheit in den letzten Jahren zu schildern. Den Angaben in der 2. Aufl. meines Zellenbuches (p. 295) kann ich nur in Betreff der Pollenschläuche Neues hinzufügen.

Bei Juniperus virginiana (Taf. I, Fig. 31) habe ich jetzt feststellen können, dass, sobald die Pollenschlauchspitze die Archegonien erreicht, die aus der vorderen Primordialzelle des Pollenschlauches stammenden Zellkerne sammt entsprechenden Plasmamassen, wenn auch letztere nicht scharf gegen einander abgegrenzt, sich über die Halstheile der einzelnen Archegonien vertheilen. Gemeinschaftlich werden sie von der hinteren, ungetheilt gebliebenen Primordialzelle gedeckt. Die vorderen Zellen werden nun rasch resorbirt (Fig. 31), die hintere Zelle bleibt hingegen längere Zeit erhalten, um schliesslich das gleiche Loos zu erfahren. Inzwischen hat sich der vom Pollenschlauch eingenommene Raum über den Archegonien verengt. Die Seitenwände desselben neigen sich zusammen und stossen endlich auf einander, wobei der Pollenschlauch völlig zerquetscht wird.

Bei Picea vulgaris konnte ich mich ebenfalls überzeugen, dass zwei nackte Primordialzellen im Pollenschlauch vorangeführt werden und selbst bis in die Aussackung gelangen, welche der Pollenschlauch zwischen die Halskanalzellen des Archegonium treibt. Hat die Aussackung das Ei erreicht, so wird die vordere Zelle zunächst aufgelöst, dann folgt die hintere.

Wiederholt habe ich seitdem im Ei von Picea zwei Zellkerne gefunden, den Eikern stets in der Mitte des Eies, den aus dem Pollenschlauchinhalt gebildeten Spermakern an der Pollenschlauchspitze (Taf. II, Fig. 69), oder schon in einiger Entfernung

Digitized by Google

von derselben (Fig. 70 [1]), oder endlich in Verschmelzung mit dem Eikern begriffen (Fig. 71).

Meine Auffassung des Befruchtungsvorganges habe ich aber auf Grund neuerer Erfahrungen in so fern modificirt, als ich jetzt annehme, dass nicht aller Pollenschlauchinhalt in den Eikern aufgenommen wird, vielmehr ein Theil desselben sich direct mit dem Eiplasma vermengt. Ob der für den Eikern bestimmte Antheil des Befruchtungsstoffes auch, ohne erst Kernform anzunehmen, formlos und in dem Maasse, als er eindringt, in den Eikern aufgenommen werden kann, ist mir jetzt zweifelhaft geworden.

Ausser den beiden Primordialzellen führt der Pollenschlauch der Abietineen eine namhafte Menge Stärkekörner; diese werden auch zum Theil in das zu befruchtende Ei aufgenommen, müssen aber jedenfalls zuvor gelöst werden, um die Wand der nirgends durchbrochenen Pollenschlauchspitze zu passiren, treten als solche zunächst auch gar nicht in dem Eie auf. Bei den Cupressineen, wo hingegen keine Stärkekörner im Pollenschlauch vorhanden sind, findet man die Keimkerne [2]) nach der Befruchtung mit Stärkekörnern erfüllt. [3])

Von dem protoplasmatischen Inhalt des Pollenschlauches nehme ich an, dass er direct und nicht auf diosmotischem Wege die Schlauchmembran passirt, diese Annahme ist aber vornehmlich auf Beobachtungen an Metaspermen basirt, und ich komme daher nochmals auf dieselbe zu sprechen.

Die umgebenden Zellen des Prothalliumgewebes werden unter der Einwirkung des Pollenschlauches zu einer ähnlichen Ausdehnung veranlasst, wie die oberen Zellen des Archegoniumhalses von Marchantia nach Eintritt der Spermatozoiden. Kurzum, diese Zellen üben alsbald einen seitlichen Druck auf den Pollenschlauch aus und können ihn schliesslich, wie schon für Juniperus erwähnt, bis zum Schwinden des Lumens zerquetschen. [4]) Dieser Druck tritt aber erst, wie das von Hofmeister schon hervorgehoben wurde [5]), nach erfolgter Befruchtung ein; der noch restirende auf diese Weise entleerte Inhalt des Pollenschlauches muss also wohl

---

[1]) Eine nochmalige Aufnahme der Fig. 11, Taf. VII der II. Aufl. meines Zellenbuches.

[2]) So nannte ich den Eikern nach erfolgter Befruchtung.

[3]) Coniferen und Gnetaceen, p. 277 u. ff. 1872.

[4]) Diese Erscheinung ist schon von Hofmeister beobachtet. Vgl. Unters., p. 135.

[5]) Vergl. Unters., p. 135.

Digitized by Google

von den benachbarten Zellen resorbirt werden. Durch das Zusammentreffen der den Pollenschlauch umgebenden Zellen wird ein fester Verschluss über dem befruchteten Ei hergestellt.

Das günstigste Object um den Befruchtungsvorgang bei Metaspermen [1]) zu verfolgen ist wohl Torenia asiatica. Nichts stört hier die Beobachtung, die man an Hunderten von Eichen mit Leichtigkeit machen kann.

Ich stellte zunächst durch Versuche fest, dass die günstige Zeit für die Beobachtung circa 36 Stunden nach erfolgter Bestäubung beginnt.

Wenn ich dann den Fruchtknoten öffnete und die Eichen in einem Tropfen 3 % Zuckerlösung von den Placenten abstreifte, konnte ich sicher rechnen, alle erwünschten Stadien des Befruchtungsactes noch unverändert aufzufinden. An manchen Eichen fehlte dann noch der Pollenschlauch, andere hatte er augenscheinlich eben erreicht, bei anderen endlich war die ganze Befruchtung vollzogen.

Der Vorgang beginnt in dem Augenblick, wo der Pollenschlauch auf die Basis der Gehülfinnen stösst.

Er haftet sofort an denselben und zerreisst eher, als dass er sich von denselben sollte trennen lassen.

Sein Inhalt ist stark lichtbrechend, von kleinen Stärkekörnchen gleichmässig feinkörnig geworden, grössere geformte Inhaltstheile sind auch mit Hülfe von Osmiumsäure und der Färbungsmittel nicht mehr nachzuweisen.

Mit Antritt des Schlauches zeigt sich der protoplasmatische Inhalt einer der Gehülfinnen getrübt, ihr Zellkern und ihre Vacuole schwinden, sie contrahirt sich ein wenig und erscheint nun, abgesehen von ihrer Kappe, aus gleichmässig feinkörniger Substanz gebildet (Fig. 10, Taf. VIII. die Gehülfin rechts). Dasselbe Schicksal trifft alsbald auch die zweite Gehülfin (Fig. 11), oder diese wiedersteht noch länger, oder sie wird überhaupt nicht in den Befruchtungsakt hineingezogen.

Die Pollenschlauchspitze ist inzwischen an der Basis der Gehülfinnen verblieben oder sie hat zwischen dieselben, deren Cellulosepfropfen mehr oder weniger zerstörend, einen Fortsatz

[1]) Ich beabsichtige im Folgenden die überaus zahlreiche Literatur über die Befruchtung der Metaspermen nur so weit zu berücksichtigen, als es die behandelten Objecte direct verlangen werden.

Digitized by Google

getrieben. Letzterer kann oft das Ei erreichen (Taf. VIII, Fig. 12, 14, 15, 17, 18, 19, 20), gleichmässige Weite besitzen (12, 18 etc.) oder sich auch am Grunde angeschwollen zeigen (Fig. 20). Der protoplasmatische Inhalt der einen oder, wie gewöhnlich, der beiden Gehülfinnen ist jetzt aber sehr stark lichtbrechend geworden, stimmt in der Dichte, Körnelung und Färbung durchaus mit dem Pollenschlauchinhalte überein (Fig. 11, 12, 13, 14). Nun geben die Gehülfinnen auch ihre Gestalt auf, indem sie zunächst unregelmässige Contouren erhalten (Fig. 18.) Einzelne Theile können sich von ihnen loslösen und haften hier und dort am Ei. Es ist, als grenzte an das Ei nur noch eine formlose, zähflüssige Masse. Das Ei muss einzelne Theile dieser Masse in sich aufnehmen, sein Inhalt ist reicher an körnigen Stoffen geworden, sein Zellkern wird durch dieselben verdeckt. Eine Cellulosemembran lässt sich nun schon um das Ei nachweisen.

Untersucht man die Eichen etwa 60 Stunden nach erfolgter Bestäubung, so findet man die Gehülfinnen zum Theil resorbirt (Fig. 21), zum Theil noch als lichtbrechende Klumpen erhalten. Gehülfinnen die bei der Befruchtung unthätig blieben, können auch jetzt in ursprünglicher, unversehrter Form erhalten sein. Endlich werden aber in den folgenden Tagen alle Gehülfinnen resorbirt, ihr Inhalt kommt der Ernährung der Embryonalanlage, wohl auch dem Embryosack zu Gute. Der Inhalt der Pollenschläuche wird nicht vollständig bei der Befruchtung verbraucht, diese fahren aber fort sich langsam zu entleeren, wobei der Embryosack sicher von ihrem Inhalte aufnimmt, und fallen endlich zusammen. Die Cellulosepfropfen sind jetzt aber in ihrer Peripherie erhärtet, sie dienen dazu, den Verschluss des Embryosackes nach aussen herzustellen.

Wenn sonst irgendwo, so hätte bei Torenia eine Verbindung der künstlich erzogenen Pollenschläuche mit den künstlich isolirten Eichen stattfinden und so die directe Beobachtung des ganzen Befruchtungs-Verlaufs gelingen sollen.

Bekanntlich hat Van Tieghem solche Beobachtungen angestrebt und behauptet, in Nährstofflösungen, das Eindringen des Pollenschlauches in die Mikropyle der Ovula wirklich gesehen zu haben. Ja, er giebt weiter an, die Eichen einige Stunden später anatomisch untersucht und sich überzeugt zu haben, dass die Pollenschlauchspitze dann an dem Embryosackscheitel haftete, an demselben sich blasenförmig erweitert hatte und dass im Embryo-

Digitized by Google

sack, an Stelle der protoplasmatischen Bläschen, jetzt ein mehrzelliger Körper gebildet war.[1])

Ohne einen günstigen Erfolg irgendwie zu erwarten, machte ich eine grössere Anzahl Versuche mit verschiedenen Pflanzen, vornehmlich mit Torenia. Ich brachte zahlreiche isolirte Ovula in Flüssigkeitstropfen, in denen Pollenkörner besonders schöne Schläuche gebildet hatten. Die Tropfen waren auf der Innenseite eines Deckglases in einer Kammer suspendirt. Ungeachtet sich die Ovula nun auch stundenlang oft unversehrt hielten, sah ich Pollenschläuche in keinem Falle mit dem freien Embryosackende der Torenia sich verbinden und noch viel weniger in die Mikropyle anderer Eichen dringen. Wo die Schläuche auf die Ovula trafen, wuchsen sie, sich denselben anschmiegend, über sie hinweg und trennten sich wieder von ihnen; ebenso konnten sie dicht an der Embryosackspitze passiren, ohne irgendwie von derselben beeinflusst zu werden. Es ist klar, dass es hier keine Nöthigung für die allseitig von einer Flüssigkeit umgebenen Schläuche geben kann, eben in jener und nicht in einer anderen Richtung zu wachsen; alle sonst diese Richtung inducirenden Einrichtungen fallen eben weg.

Besonders interessant wäre es mir aber gewesen, zu erfahren, an welchen Objecten in der Nährstofflösung denn eigentlich Van Tieghem, schon einige Stunden nach dem Eintritt des Pollenschlauches in die Mikropyle, Theilungen des Eies beobachtet hat.

Sehr günstige Objecte für die Beobachtung des Befruchtungsvorganges geben auch Gloxinia hibrida und Sinningia Lindleyana ab. Bei Gloxinia pflegte die Befruchtung, ganz wie bei Torenia, etwa 36 Stunden nach erfolgter Bestäubung einzutreten. Eine der Gehülfinnen blieb hier sehr häufig von der Vermittelung des Vorgangs ausgeschlossen; sie war dann oft 5—6 Tage noch unversehrt anzutreffen, musste aber schliesslich doch zu Grunde gehen.

Torenia liess eine Lücke in der Beobachtung zurück, da ihr Kern während der Befruchtung verdeckt wird und somit die Veränderungen an demselben sich nicht verfolgen lassen. Die Lücke ist durch Untersuchungen an Orchideen, Monotropa und Pyrola vorzüglich auszufüllen. Die Pollenschlauchspitze dringt bei diesen Pflanzen nur höchst selten in den Embryosack ein (Taf. II,

[1]) Ann. d. sc. nat. 5. Ser. Bot. T. XII, p. 323, 1869.

Digitized by Google

Fig. 88, Taf. IV, Fig. 125); für gewöhnlich legt sie sich nur flach der Embryosackspitze an. (Taf. III, Fig. 101).

Hofmeister [1]) lässt sie bei Orchis Morio ein Stück weit am Embryosacke hinabwachsen, doch ist das, was er als Pollenschlauchspitze deutet, sicher nur eine der veränderten, stark lichtbrechend gewordenen Gehülfinnen.

Wie ich das früher erwähnte, lässt sich in den freien Pollenschlauchspitzen von Orchis bis kurz vor der Befruchtung noch die Existenz des einen oder der beiden aus dem Pollenkorn stammenden Zellkerne nachweisen. Diese werden aber für alle Fälle gelöst, sobald die Pollenschlauchspitze den Embryosack erreicht. Der Inhalt der letzteren wird dann stark lichtbrechend wie bei Torenia und auch gleichmässig körnig von der vorhandenen Stärke. Der Umstand aber, dass die Zellkerne hier bis zuletzt in den Pollenschlauchspitzen geführt werden, mag dazu dienen, die Kernsubstanz als solche bis zum Augenblick der Befruchtung zu erhalten. Da es aber der Zellkern der grösseren Pollenzelle war, der im Schlauche voranging, ja zuletzt oft nur noch allein erhalten blieb, so mag es mit auf dessen Substanz bei der Befruchtung besonders ankommen.

Der Pollenschlauchinhalt der Monotropa und Pyrola verhält sich nicht anders als derjenige der Orchideen.

Nach Antritt des Pollenschlauchendes am Embryosackscheitel wird die eine oder die beiden Gehülfinnen in derselben Weise wie bei Torenia verändert (Taf. II, Fig. 88–91, Taf. III, Fig. 92–94, für Orchis pallens, Taf. III, Fig. 101–104, für Gymnadenia conopsea, Taf. IV, Fig. 125–138 für Monotropa, Fig. 145 u. 146 für Pyrola rotundifolia). Der Inhalt der Gehülfinnen ist bald in Glanz, Färbung und Körnelung von demjenigen der Pollenschlauchspitzen nicht zu unterscheiden. Besonders instructiv ist in dieser Beziehung Gymnadenia conopsea, bei der die Stärkekörner des Pollenschlauchinhaltes relativ grösser sind und ganz in derselben Grösse wieder in den Gehülfinnen auftreten (Taf. III, Fig. 101–104), ungeachtet auch hier an einen directen Uebergang dieser Stärkekörner nicht zu denken ist. Denn der Pollenschlauchinhalt ist durch die zarte Wand des Embryosackes von den Gehülfinnen getrennt.

Bei Gymnadenia ist mir auch besonders aufgefallen, dass der stark lichtbrechende Inhalt der veränderten Gehülfinnen sich

[1]) l. c., Taf. IV.

Digitized by Google

in einiger Entfernung von deren Basis hält (Fig. 101 – 104), denjenigen Theil also freilässt, der vor der Befruchtung besonders homogen erschien.

Bei Monotropa lässt sich schön verfolgen, wie das veränderte Plasma der Gehülfinnen sich über das Ei ergiesst. Hier und dort verlängern sich einzelne Fortsätze der Gehülfinnen unregelmässig bis auf das Ei, endlich haften isolirte Theile der stark lichtbrechenden Substanz an Stellen der Eioberfläche. Ich war besonders in den Figuren 126, 127, Taf. IV bemüht, diese Verhältnisse getreu wiederzugeben.

Nun sieht man aber ein Phaenomen eintreten, das bei Torenia verborgen bleibt. In einem gegebenen Augenblicke, der besonders leicht bei Orchideen sich fixiren lässt, sind zwei nebeneinander liegende Zellkerne im Ei vorhanden.

Dieser Zustand tritt erst geraume Zeit nach Beginn der Befruchtung ein, erst dann, wenn die beiden Gehülfinnen verändert worden sind und nun den Pollenschlauchinhalt auf das Ei übertragen.

Die beiden Zellkerne liegen dicht an einander und ich traf sie wiederholt bei Orchis in der gleichen Grösse an.

Die Möglichkeit, dass der eine der beiden Kerne geformt, als solcher, aus dem Pollenschlauch stamme, wird durch die Beobachtung ausgeschlossen, wohl aber muss es wahrscheinlich erscheinen, dass die Kernsubstanz aus dem Schlauche, und wie ich meine, vornehmlich vom vorderen Kerne desselben stammend, sich hier wieder zum geformten Zellkern sammle.

Bei Monotropa habe ich mit Zuhülfenahme der 1% Osmiumsäure festgestellt, dass der neue Zellkern sich in dem meist nach hinten angesammelten Wandplasma des Eies, dicht neben dem alten Zellkern, bildet (Taf. IV, Fig. 126, 127).

Beide Zellkerne verschmelzen mit einander (Fig. 90, Taf. II für Orchis pallens; 128, 129, Taf. IV für Monotropa).

Bei Monotropa sah ich, doch nur ein einziges Mal, den Keimkern aus 3 Theilen gebildet (Fig. 130).

Bei Orchis sind, wie schon erwähnt, beide Kerne gleich gross (Fig. 89, Taf. II), bei Monotropa finde ich hingegen stets den männlichen Kern, den Spermakern, kleiner als den Eikern (Taf. IV, Fig. 126, 127, 128, 129). Auch das Kernkörperchen des Spermakerns ist kleiner als dasjenige des Eikernes, und da nach Verschmelzung der Zellkernmassen, die Kernkörperchen noch

Digitized by Google

längere Zeit getrennt bleiben, so sieht man dann bei Monotropa ein kleineres und ein grösseres Kernkörperchen im Keimkern liegen. (Fig. 131, 132.)

Die Verschmelzung der Kernkörperchen lässt, wie gesagt, auf sich warten, ähnlich wie dies auch in den aus zwei Kernen verschmolzenen Embryosackkernen häufig der Fall ist.

Zunächst hatte ich das Vorhandensein zweier Kernkörperchen im Keimkern für etwas Zufälliges gehalten, wie ja auch sonst in anderen Kernen mit typisch einem Kernkörperchen, zwei vorkommen können.[1]) Schliesslich wurde mir bei Monotropa die Erscheinung doch zu auffällig, um so mehr, als mir auch nicht ein einziges Mal zwei Kernkörperchen im unbefruchteten Eikern bei dieser Pflanze vorgekommen waren. Das führte mich auf die Erforschung der hier geschilderten Vorgänge.

Die zwei Kernkörperchen sind bei Monotropa öfters noch auf einem so vorgerückten Zustande wie demjenigen der Fig. 138 Taf. IV vorhanden, wo das befruchtete Ei bereits den schlauchförmigen Auswuchs an seinem Scheitel getrieben hat.

Zu der Zeit, wo die beiden Kerne im Ei auftauchen, ist stets schon eine zarte Cellulosemembran um letzteres vorhanden. Die Gehülfinnen erhalten hier ebenso wenig als bei Torenia oder den Gesneraceen Membranen aus Cellulose, auch in den Fällen nicht, wo sie ungewöhnlich lange erhalten bleiben.

Bei Orchis, Monotropa, Pyrola folgt sehr bald auf den Augenblick, wo der Pollenschlauch den Embryosackscheitel erreicht, die Verengung der Mikropyle. Diese schreitet, wie bei Marchantia, von aussen nach innen fort, so dass die restirenden Inhaltsmassen des Pollenschlauches nach dem Embryosacke zu entleert werden. Bei Gymnadenia conopsea geht die Erscheinung weniger rasch von statten, als bei den obengenannten Pflanzen, daher es hier viel leichter ist, Zustände aufzufinden, in denen der eingedrungene Pollenschlauch noch in seiner ganzen Länge die ursprüngliche Weite besitzt (Fig. 101 Taf. III) und auch solche, wo er, von oben her, schon theilweise zerdrückt erscheint. (Fig. 102). Schliesslich wird der Pollenschlauch so zerquetscht, das man sich oft kaum mehr von dessen Existenz in der Mikropyle überzeugen kann. Vielleicht wird er auch wirklich resorbirt.

Dass die Entleerung des Pollenschlauches übrigens auch ohne

[1]) Wie beispielsweise auch in verschiedenen meiner Figuren zu sehen ist.

Digitized by Google

den vorerwähnten Druck erfolgen kann, sehen wir bei Torenia, wo ja der Druck der Mikropyle wegfällt. Aber auch bei Gymnadenia hat man Zeit, sich zu überzeugen, dass der Pollenschlauch noch unversehrt ist, während die Befruchtung schon vollzogen, und dass hier erst nach erfolgter Befruchtung sein restirender Inhalt ausgepresst wird. Dieser kommt, wie ich für Gymnadenia sicher glaube gesehen zu haben, nicht mehr dem Ei, sondern dem Embryosack zu Gute. Entleert wird auf diese Weise nur das in der Mikropyle befindliche Stück des Schlauches. Die ausserhalb der Mikropyle befindlichen Schlauchtheile behalten noch ihren Inhalt, der aber alsbald desorganirt wird, in ölartige Tröpfchen zerfällt und vielleicht schliesslich noch von den peripherischen Theilen der Eichen resorbirt wird.

Während der Beobachtung des Befruchtungsvorganges bei Torenia, den Orchideen und Monotropa entwickelte sich in mir die Ueberzeugung, dass das Protoplasma nicht auf diosmotischem Wege, sondern direct die Membran des Pollenschlauches und respective auch des Embryosackes passirt. Der Gedanke eines diosmotischen Substanzaustausches ist hier schlechterdings, wenn man den Vorgang an so vielen Objecten studirt hat, kaum noch zu fassen. Dieselbe Kraft aber, welche das ganze Protoplasma während des Wachsthums der Schläuche nach deren Spitze getrieben hat, wird nun auch das Fortschreiten des Protoplasma in der Richtung des Embryosackes veranlassen. Geformte Inhaltskörper müssen freilich gelöst werden, bevor das Plasma die Membranen passirt, es dürfte als homogene zähflüssige Masse durch dieselbe gehen. Dabei ist nicht zu vergessen, dass es meist nur zarte und jedenfalls gequollene Zellwände sind, die durchsetzt werden sollen.

Als Stütze dieser meiner Annahme lässt sich nun auch eine merkwürdige Beobachtung anführen, die Maxime Cornu bei der Makroconidienbildung einer Nectria kürzlich zu machen Gelegenheit hatte. Derselbe führt an, dass die mehrzelligen, mit dichtem Protoplasma erfüllten Conidien der erwähnten Nectria an einer unbestimmten Stelle eine Anschwellung treiben können, die bald an Grösse zunimmt und durch eine Scheidewand abgetrennt wird. Die Anschwellung erreicht das doppelte Volumen der ursprünglichen Spore und füllt sich mit dichtem, körnigem Inhalte. Während dem wird das in den 5—6 Gliedern der Conidie enthaltene Plasma immer heller und blasser, es treten Vacuolen in dem-

Digitized by Google

selben auf, und wenn endlich die Makroconidie fertig ist, bleibt von den Muttersporen nur noch eine farblose, schlaffe, ein wenig gerunzelte Haut zurück. Das Plasma hatte hier aber vier bis fünf Wände zu durchsetzen, bevor es in die Makroconidie gelangen konnte; die Untersuchung zeigte, dass diese Membranen weder gelöst noch irgendwie durchbrochen werden.

Cornu sucht selbst diese Beobachtung mit den Vorgängen bei der Befruchtung der Phanerogamen in Zusammenhang zu bringen[1]; ich glaube sie im gleichen Sinne hier verwerthen zu können.

Meine Annahme mag aber noch dazu beitragen, die Vorgänge der Befruchtung auch dort durchsichtiger zu machen, wo, wie bei Ascomyceten, Flechten, Florideen die befruchtende Substanz eine ganze Anzahl Zellen zu passiren hat. Auch da wird die Uebertragung wohl nicht auf diosmotischem Wege erfolgen, vielmehr das befruchtende Protoplasma befähigt sein den Ort seiner Bestimmung direct zu erreichen.

Bei der Collemacee, Physma compactum, welche gegliederte, durchschnittlich achtzellige Trichogyne besitzt, hat Stahl[2], nach erfolgter Copulation des Trichogynendes mit einem Spermatium, die Querwände des Trichogyns in der Richtung von der Trichogynspitze nach dem Ascogon und zwar der Reihe nach aufquellen sehen, wie ich meine, in dem Maasse als das befruchtende Protoplasma dieselben erreichte und zu durchschreiten hatte.

Der Embryosackscheitel bei Orchis, Monotropa, Pyrola erscheint nach erfolgter Befruchtung durch Verengung der Mikropyle gegen die Aussenwelt abgeschlossen. Auch dessen Wand sieht man wieder grössere Consistenz annehmen; die Basis der Gehülfinnen wird aber die Embryosackwand zu vertreten haben, wo diese durch den Pollenschlauch durchbrochen war.

Bei Monotropa liegt dann auf dem Embryosackscheitel häufig noch etwas grumöse Substanz, welche jedenfalls von Resten des Pollenschlauchinhaltes abstammt.

Bei Santalum album geht, wie die Alcoholpräparate lehren, die Befruchtung unter ganz ähnlichen Erscheinungen wie bei Torenia vor sich. Die Pollenschläuche dringen hier ebenfalls zwischen die Cellulosekappen der Gehülfinnen ein. So tief wie bei Torenia gelangen sie übrigens für gewöhnlich nicht; die

---

[1] Comptes rendus etc. 1877. Bd. LXXXIV, p. 134.

[2] Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Flechten, 1877, p. 83.

Digitized by Google

Eier sah ich sie mit ihrer Spitze nie erreichen (Fig. 18, Taf. IX). An ihrem Vordringen mag sie hier die Scheidewand hindern, welche die Gehülfinnen trennt.

Oefters treten hier mehrere Pollenschläuche in denselben Embryosack herein.

Die Gehülfinnen werden in der gewöhnlichen Weise verändert und erscheinen nun an den Alcoholpräparaten gelbbraun, wachsartig, zäh. Aehnlich werden auf dem gleichen Zustande die Gehülfinnen der Orchideen durch Alcohol verändert. Wenn beide Eier normal entwickelt sind, können auch beide befruchtet werden und sich gleichmässig mit Cellulosemembran umhüllen (Taf. IX, Fig. 18); doch tritt dieser Fall relativ nur selten ein, da ja, wie schon erwähnt, meist vor der Befruchtung das eine der beiden Eier obliterirt. Sind aber beide befruchtet worden, so verdrängt doch schliesslich noch die eine Anlage die andere. Auf späteren Zuständen habe ich wenigstens immer nur eine einzige weiter entwickelt gefunden.

Die Veränderungen am Kern werden hier durch den Inhalt verdeckt, doch sah ich einige Mal zwei Kernkörperchen in demselben.

Die Cellulosemembran des befruchteten Eies setzt einerseits an die schon früher besprochene Ringleiste der Embryosackwand an, andererseits an die cuticularisirte Scheidewand, welche die Gehülfinnen trennt. Zwischen den Gehülfinnen und dem Eie wird öfters (Taf. IX, Fig. 20), doch nicht immer, eine Cellulosewand gebildet (Fig. 19). Im Uebrigen richtet sich hier das Verhältniss nach dem besonderen Falle und kann die Trennungswand zwischen Ei und Gehülfinnen oft den abenteuerlichsten Verlauf zeigen. Namentlich tritt dies ein, wenn das hintere Ende der Gehülfinnen sich in das Ei vorwölbt. Auch wo eine Scheidewand zwischen Ei und Gehülfinnen nicht gebildet worden, ist die Grenze zwischen beiden nach der Befruchtung leicht zu verfolgen, wegen der zähen Beschaffenheit und charakteristischen Färbung, welche die Gehülfinnen angenommen haben.

Der nächste Verschluss des Embryosacks nach aussen wird bei Santalum wie bei Torenia durch die Cellulosepfropfen der Gehülfinnen, ausserdem hier aber noch durch deren veränderten Körper selbst hergestellt. [1])

[1]) So zu sehen an den älteren Zuständen, welche Henfrey abbildet, l. c., Fig. 15, 23.

Digitized by Google

Meine Beobachtungen an anderen Pflanzen kann ich hier kurz zusammenfassen. Bei Gladiolus communis und Crocus vernus dringt der Pollenschlauch zwischen die verjüngten basalen Theile der Gehülfinnen ein und gelangt häufig bis zum Ei, an dessen Oberfläche er sich ausbreitet (Taf. V, Fig. 19a, 19b, 22); oder er bleibt auch in unbestimmter Höhe zwischen den Gehülfinnen stehen (Fig. 18, 20, 21). Diese haben jedenfalls die Befruchtung zu vermitteln und werden hierauf resorbirt. Ihre gestreiften Basen, „die Fadenapparate" erhalten sich länger, und werden dann an den Pollenschläuchen haftend vorgefunden. Letztere dringen oft in Mehrzahl in dasselbe Eichen und selbst zwischen die Gehülfinnen ein (Fig. 18, 19a, 19b, 22), doch meist bis zu verschiedener Tiefe.

Nach vollzogener Befruchtung erscheint die Wand des Pollenschlauches sehr stark gequollen, namentlich an dessen meist erweitertem Scheitel. Die Quellung der Wand mag einerseits den Uebertritt des Inhalts erleichtert, andererseits zur definitiven Entleerung des Schlauches beigetragen haben.

Bei Ornithogalum nutans stösst der Pollenschlauch auf die stark gequollene Wand des Embryosackes, um sich an derselben abzuflachen, oder dieselbe, wie gewöhnlich, zu durchbrechen. Dabei treibt der Schlauch oft eigenthümliche Auswüchse (Taf. V, Fig. 9, 11). Die Schlauchspitze erscheint sehr stark gequollen. Eine Eigenthümlichkeit von Ornithogalum ist die, dass häufig eine Gehülfin sich, so wie das befruchtete Ei, mit einer Cellulosemembran umgibt. Sie ist übrigens auf den ersten Blick von dem befruchteten Ei zu unterscheiden, denn während letzteres sein Protoplasma vornehmlich im hinteren Theile und hier auch seinen Kern führt, wird die Gehülfi von grumöser, schaumiger Substanz erfüllt und besitzt keinen Zellkern mehr. Unter den vielen Präparaten die ich durchmusterte, fand ich daher auch nicht ein einziges, in dem sich etwa die Gehülfin weiter entwickelt hätte; sie konnte aber lange noch erhalten bleiben (Fig. 12, Taf. V nach einem Präparate meines Schülers, des Herrn Stud. Pabst).

Nach vollzogener Befruchtung erscheint die Wand am Embryoscheitel wieder erhärtet, vom Pollenschlauch ist bald keine Spur mehr aufzufinden; er scheint vollständig resorbirt zu werden.

Bei Bartonia aurea dringt der Pollenschlauch zwischen den beiden zugespitzten Fortsätzen der Gehülfinnen in die Aussackung des Embryosackes hinein und lässt sich in der Längsaxe derselben meist bis an das Ei verfolgen. Von den beiden sich widersprechenden Angaben Hofmeister's war also die erste die

Digitized by Google

richtige [1]), bis auf die Ausführung, dass die Pollenschlauchspitze sich der Scheidewand anlege, welche die obere Aussackung des Embryosackes von dessen ursprünglichem Raume trennt. Letzteres ist indess nicht möglich, da eine solche Scheidewand hier gar nicht existirt.

Bei Oenothera Drumondii wo der Pollenschlauch eine bedeutende Weite erlangt, ist leicht nachzuweisen, dass dasselbe meist nur der Aussenwand des Embryosackes anliegt und in dessen Inneres nicht eindringt (Taf. VIII, Fig. 32). In dem Pollenschlauch von Oenothera und auch von Gladiolus sah ich wiederholt stark lichtbrechende Körper liegen (Fig. 33), die sich mit Chlorzinkjod nicht färbten und annähernd rechteckige Gestalt zeigten. Ich erwähne dasselbe nur, um zu sagen, dass dieselben nicht in irgend welcher Beziehung zur Befruchtung stehen und dass ich sie auch in der Basis eines älteren, unbefruchteten Embryosackes von Rosa fand.

Bei Ricinus communis scheint die Möglichkeit der Befruchtung vorzuliegen, ohne dass der Pollenschlauch selbst bis an den Embryosack dringt, wenigstens habe ich einen Fall beobachtet, in welchem der Pollenschlauch durch zwei Zellen von dem Embryosackscheitel getrennt erschien und trotzdem das Ei sich schon mit einer festen Cellulosemembran umgeben hatte und zwei Kernkörperchen in seinem Kerne führte. Ich habe diesen Fall in meiner Fig. 6, Taf. IX abgebildet. Auch der Inhalt der Gehülfinnen zeigte sich sichtlich unter dem Einfluss des befruchtenden Stoffes verändert. Wie an der Zeichnung zu bemerken, waren die Wände des Pollenschlauches und auch der nach unten an denselben grenzenden Zellen stark gequollen. Hier hatte also in gewissem Sinne eine ähnliche Wanderung des befruchteten Plasmas wie etwa bei Florideen und Ascomyceten stattgefunden. Die sorgfältige Durchmusterung der zu demselben Eichen gehörigen Schnitte hatte mir aber die Ueberzeugung aufgezwungen, dass hier nicht etwa ein anderer Pollenschlauch, von anderer Seite kommend, bis an den Embryosack gedrungen war. Auch war ja augenscheinlich der zur Beobachtung vorliegende Schlauch vollständig von seinem Inhalt entleert.

---

[1]) Entstehung des Embryo, p. 39. Später gab Hofmeister an, der Pollenschlauch dränge sich seitlich an der Aussackung vorbei und lege unterhalb der Einschnürung der Seitenwandung des Embryosacks an (Abhandl., p. 644).

Digitized by Google

Durch den Nachweis von zwei Eiern in dem Embryosack von Santalum war eigentlich die Möglichkeit der Polyembryonie für diese Pflanze gegeben; dass aber stets nur ein Embryo dort zur Entwicklung kommt, konnte eine Folge der beschränkten Raumverhältnisse im engen Embryosacke sein. Jedenfalls erwartete ich, auf Grund der an Santalum gemachten Beobachtungen, in dem Embryosacke polyembryonischer Eichen eine grössere Anzahl Eier. Konnte doch die einmalige Theilung des Eikerns bei Santalum, sich bei andern Pflanzen noch mehrmals wiederholen.

In dieser Erwartung nahm ich Funkia ovata (coerulea) zur Hand, für welche Hofmeister eine grössere Zahl Eier angibt [1]), und welche bekanntlich polyembryonisch ist. So viel Blüthen ich aber auch untersuchte, immer fand ich in den Eichen derselben nur je ein Ei und zwei Gehülfinnen. Ja der Vergleich mit der Tafel VII in Hofmeister's „Entstehung des Embryo" lehrte mich, dass Letzterer sicher auch nichts Anderes beobachtet habe. Schon Alexander Braun war es aufgefallen [2]), dass Hofmeister so wenig „Keimbläschen" sah, bei der relativ grossen Zahl Keimlinge im reifen Samen. Unter den „Keimbläschen", die Hofmeister angibt, sind aber auch noch die Gehülfinnen mit inbegriffen.

Die Gehülfinnen erscheinen in ihrem vorderen Theile homogen und schwach gestreift, sie führen weiter nach hinten ihren Zellkern und je eine grosse Vacuole (Taf. VI, Fig. 25). Das Ei ist etwas tiefer als die Gehülfinnen inserirt, die Embryosackwand ist am Scheitel stark gequollen.

Das hintere zugespitzte Ende des Embryosackes wird von den drei Gegenfüsslerinnen eingenommen; der Kern des Embryosackes pflegt denselben aufzuliegen. Ich fand dann Zustände gleich nach Antritt des Pollenschlauches, die ebenfalls alle nur ein befruchtetes Ei zeigten (Fig. 27, 28). Der Pollenschlauch dringt in den Embryosack zwischen die Gehülfinnen ein und quillt sehr stark (Fig. 27, 28). In einem der befruchteten Eier zeigte der Zellkern zwei Kernkörperchen (Fig. 28).

Erst nach vollzogener Befruchtung pflegt ein merkwürdiger Vorgang sich hier abzuspielen, ein Vorgang, der ganz unglaublich scheint, von dessen Existenz man sich trotzdem leicht überzeugen kann. Einzelne Zellen des einschichtigen Eichenkerns beginnen

[1]) Die Lehre von der Pflanzenzelle, p. 114.

[2]) Polyembryonie und Keimung von Caelebogyne, p. 146. 1860.

Digitized by Google

sich in die vom Embryosacke eingenommene Höhlung hineinzuwölben; sie theilen sich durch geneigte Wände und bilden alsbald einen mehrzelligen Höcker, der in die Höhlung vorragt. In Fig. 29, Taf. VI sind zwei derartige Anlagen zu sehen. Dieselben haben die Embryosackwand etwas nach innen gedrängt und somit auch das an derselben befestigte, befruchtete Ei (o) vor sich her geschoben.

Aus den Nucellarhöckern gehen hier also die Adventiv-Embryonen hervor, ihre Zahl ist demgemäss unbestimmt. Sie verdanken einer Art innerer Sprossung ihre Entstehung, und ich wüsste sie zunächst mit nichts Anderem, als etwa mit den Adventivsprossen zu vergleichen, die aus einzelnen Epidermiszellen der Begonienblätter entstehen, nur dass die Sprossen hier, dem Orte ihrer Entstehung gewissermassen angepasst, den vollständigen Habitus der Embryonen annehmen.

So weit meine Erfahrung reicht, scheinen solche Adventiv-Embryonen hier nur in den befruchteten Eichen, oder doch nur in solchen Fruchtknoten, deren Narbe bestäubt worden war, zu entstehen. Die Möglichkeit bleibt aber schlechterdings nicht ausgeschlossen, dass sie auch in unbefruchtet gebliebenen Eichen angelegt werden.

Ob der Umstand, dass die Pflanze sich auf solchem Wege vermehren kann, es mit sich bringt, dass die Antheren in den meisten Blüthen mangelhaft stäuben, will ich dahingestellt sein lassen.

Die Blüthen setzen aber auch nur sehr mangelhaft an, so dass man aus diesem Umstande wieder schliessen könnte, dass nur die befruchteten Eichen zur Bildung der Adventiv-Embryonen befähigt werden.

Stets fand ich daher auch in solchen Eichen das Ei von einer Cellulosemembran umgeben. Das Ei selbst sah ich nirgends weiter entwickelt, doch mag dies nur Zufall gewesen sein; ich glaube nämlich, dass die Weiterentwicklung des Eies nicht ausgeschlossen ist, falls die Adventiv-Embryonen nicht zu nah am Ei entstehen und die Embryosackwand an dieser Stelle nicht zurückdrängen.

Ich muss freilich gleich hinzufügen, dass ich in mehreren Eichen das Ei befruchtet, d. h. von einer Cellulosemembran umgeben fand, und doch nicht weiter entwickelt, ungeachtet Adventiv-Embryonen nicht in Bildung waren. Solche Eichen zeigten sich aber in allen Fällen auch in ihrer übrigen Entwicklung gehemmt,

Digitized by Google

sichtlich beeinträchtigt von den stark anwachsenden Eichen, welche die Adventiv-Embryonen enthielten.

Funkia cucullata (Hort.) setzt ebenfalls schlecht an, und so scheint es bei uns überhaupt die meisten Funkien, bildet aber trotzdem nicht Adventiv-Embryonen. In den befruchteten Eichen war die normale Weiterentwicklung des einzigen Eies leicht festzustellen (Taf. VI, Fig. 30).

Einen exquisiten Fall der Adventiv-Embryonen-Bildung bietet uns Nothoscordum fragrans, eine Pflanze von fabelhafter Fertilität, bei der fast jedes Eichen zum Samen wird und zwei bis drei Embryonen führt. [1])

Ich habe bei dieser Pflanze die ganze Entwicklungsgeschichte der in den Embryosäcken sich abspielenden Vorgänge verfolgt.

Auf jüngsten Zuständen sah ich nur zwei Kerne im Embryosack, dann je zwei vorn und hinten, endlich die Anlage des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen in gewohnter Weise (Taf. VI, Fig. 33). [2])

Durch den sich vergrössernden Embryosack wird der obere Theil des Eichenkerns bis auf eine äussere Zelllage verdrängt (Fig. 33 und 34). Sobald nun aber der Eiapparat angelegt ist, beginnen die Zellen des Eichenkerns am Scheitel des Embryosacks sich durch je eine tangentiale Theilung zu verdoppeln (Fig. 34). So liegt der Eiapparat nun wie in einem Gewebepolster eingebettet (Fig. 35 und 36). Gewöhnlich erfolgt auch eine tangentiale Theilung der an die Gehülfinnen-Basen anstossenden Nucellarzelle, doch wird von den beiden entstandenen Schwesterzellen die innere alsbald wieder von dem vordringenden Gehülfinnengrunde verdrängt.

So wie in Fig. 36 oder 38 sieht also, im Allgemeinen, der Embryosack von Nothoscordum fragrans zur Empfängnisszeit aus. Der Eiapparat wird von einem besonderen Polster inhaltsreicher Zellen umgeben; die Gehülfinnen zeigen sich in ihren vorderen Theilen homogen, schön gestreift und stossen an die hier einfache Zelllage des Eichenkerns an; das Ei ist etwas tiefer inserirt, doch noch innerhalb des Gewebepolsters. Die Embryosackkerne haben eben ihre Vereinigung vollzogen.

---

[1]) Vergl. die Angabe Braun's über die Fertilität dieser Pflanze: Polyembryonie, p. 145.

[2]) Tulasne gibt hingegen bis 5 „Embryonal-Bläschen" an. Ann. d. sc. nat. 4. sér. Bot. T. IV, p. 99, 1856.

Digitized by Google

In einigen Fällen gelang es mir, den Pollenschlauch bis in den Eichenkern zu verfolgen, der Nachweis desselben ist schwer und kann es daher sehr leicht geschehen, dass man ihn übersieht, auch wo er vorhanden. An den Gehülfinnen waren häufig Veränderungen zu beobachten, die auf den Einfluss der Befruchtung hindeuteten. Das Ei erschien oft von Cellulosemembran umgeben, die übrigens dann auch um die Gehülfinnen zu finden war.

Nun aber pflegten auch Theilungen in dem den Eiapparat umgebenden Gewebepolster aufzutreten (Taf. VII, Fig. 40). Diese, zunächst tangential, folgten sich bald in verschiedenen Richtungen, wodurch das Gewebepolster sich zur Gestalt eines unregelmässigen Walles zu erheben begann (Fig. 41). Die Gehülfinnen wurden jetzt resorbirt, das Ei zur Seite gedrängt oder empor gehoben, wie dies ohne Weiteres aus den Abbildungen zu ersehen ist (Fig. 41 bis 43). Besondere Stellen des Walles beginnen sich dann zu markiren und, auf folgenden Entwicklungszuständen, die einzelnen Adventiv-Embryosackanlagen gegen einander zu sondern. Fig. 44 zeigt uns dieselben von oben. Der mittlere freie Raum zwischen den Anlagen war zuvor von den Gehülfinnen eingenommen. — Manche Anlagen erfahren erst eine sehr späte Sonderung, wie z. B. diejenige rechts in Fig. 45, die sich jedenfalls in zwei zu zerlegen anschickte. Die äusseren Zellen des Eichenkerns werden in diesen Entwicklungsstadien resorbirt.

Ob für alle Fälle hier Befruchtung zur Weiterentwicklung nothwendig ist, muss ich wiederum dahingestellt lassen, der entsprechende Nachweis würde schwer zu führen sein. In den meisten Fällen schien Befruchtung in der That der Anlage der Adventiv-Embryonen voraus zu gehen. Das Ei wird fast immer verdrängt, doch habe ich Fälle beobachtet, wo dasselbe sich auch weiter entwickelt hatte: so in Fig. 44, wo ich dasselbe in der Zeichnung besonders markirt habe.

Von den vielen angelegten Adventiv-Embryonen kommen nur 2—3, selten mehr, zur definitiven Ausbildung. Einen solchen Adventiv-Keim wüsste ich aber von einem aus dem befruchteten Ei hervorgegangenen nicht zu unterscheiden.

Im Uebrigen lag es mir hier zu fern, die Weiterentwicklung der Adventiv-Embryonen im Einzelnen zu verfolgen, und empfehle ich die Pflanze, nach dieser Richtung hin, zu weiterem Studium.

Häufig, das sei noch anhangsweise bemerkt, führte der Kern des Eies hier v o r der Befruchtung z w e i Kernkörperchen; also darf aus dem Vorhandensein zweier Kernkörperchen allein noch nicht

Digitized by Google

auf stattgehabte Befruchtung geschlossen werden. Die zwei Kernkörperchen konnten uns nur da zu Anhaltspunkten werden, wo wir im unbefruchteten Ei constant nur ein Kernkörperchen im Zellkerne fanden, uns dagegen im befruchteten Ei häufig und unter sonst ähnlichen Verhältnissen zwei Kernkörperchen entgegentraten.

Von Citrus-Arten stand mir nur unvollständiges Material zur Verfügung, doch musste es mir auffallen, dass in den befruchteten Eichen lange Zeit hindurch nur je ein befruchtetes Ei, auf einzelligem Zustande, zu finden ist [1]), in älteren Eichen aber häufig, ausser der augenscheinlich aus dem befruchteten Ei hervorgegangenen Embryonalanlage, noch eine Anzahl anderer, in grösserer oder geringerer Entfernung von derselben. Ich erlaube mir daher die Annahme, dass auch hier die seitlich, in einiger Entfernung von der Embryosackspitze, auftretenden Anlagen aus dem Nucellargewebe hervorgehen. Hier hätten wir aber einen Fall vor uns, wo ausser den Adventiv-Embryonen sich auch das Ei normalerweise weiter entwickelt. Auch würde hier die Befruchtung und Bildung der Adventiv-Embryonen weit auseinanderliegen. Bekanntlich hebt das befruchtete Ei mit seiner Weiterentwicklung bei uns erst in der nächsten Vegetationsperiode an [2]), mit dieser würde nun gleichzeitig auch die Bildung der Adventiv-Embryonen beginnen.

Mit dem „Brei zartwandiger Zellen in der Embryosackspitze zur Befruchtungszeit", von dem Hofmeister spricht [3]), wird es hier aber wohl auch seine eigene Bewandniss haben.

Wie nunmehr leicht zu vermuthen war, bildet auch Caelebogyne ilicifolia ihre zahlreichen Keime durch adventive Sprossung aus dem Nucellargewebe. Man findet dieses Gewebe am Embryosackscheitel mit Inhalt dicht angefüllt. In Fruchtknoten von etwa 1,5 Mm. Höhe beginnen aber einzelne Gruppen von Nucellarzellen sich in die Embryosackhöhlung hineinzuwölben. Entweder nimmt der sich bildende Höcker die Embryosackspitze ein, oder er liegt auch seitlich etwas unterhalb derselben. Der Höcker drängt die beiden Gehülfinnen und das Ei vor sich hin. Letzteres ist ohne Cellulosemembran und wird mit sammt den Gehülfinnen alsbald resorbirt. Die drei Kerne des Eiapparats bleiben noch eine Zeit lang erhalten. Die Höcker sondern sich in die Adventiv-

[1]) So auch Schacht, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. I, p. 211.
[2]) Vergl. Hofmeister, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. I, p. 95.
[3]) l. c., p. 95.

Digitized by Google

Keime, unter ganz ähnlichen Entwicklungsverhältnissen, wie wir sie bei Nothoscordum beobachtet. Meine auf diesen Vorgang bezüglichen Zeichnungen will ich bei einer späteren Gelegenheit veröffentlichen, weil dieselben nicht vollständig genug sind.

Es ist somit richtig, dass bei Caelebogyne die vorhandenen Keime ohne Befruchtung gebildet werden und doch liegt Parthenogenesis nicht vor, denn die genannten Keime gehen nicht, wie man das angenommen hatte, aus unbefruchteten Eiern hervor.

In wie weit sonstige Fälle von Polyembryonie bei Metaspermen auf adventiver Keimbildung beruhen, wird noch festzustellen sein; in manchen Fällen, wie z. B. bei Orchis latifolia [1]), die nicht selten zwei Keime im Eichen führt, mag immerhin eine ähnliche Verdopplung des Eies vorliegen können, wie wir ihr bei Sinningia begegnet sind. Der Nucellus wird ja bei Orchideen frühzeitig resorbirt, es müssten denn gar Integumentzellen hier zur Bildung von Adventiv-Embryonen verwendet werden.

---

[1]) Braun, l. c., p. 147.

Digitized by Google

Weitere Folgen der Befruchtung im Embryosack der Phanerogamen.

Wiederholt habe ich bereits die Veränderungen geschildert, die das Ei der Archispermen nach der Befruchtung erfährt. Wir stehen dort in allen Fällen einer mehr oder weniger verkürzten Entwicklung gegenüber. Der Keimkern geht selbst nicht in Theilung ein, vielmehr wird er aufgelöst und es treten an dessen Stelle, gleichzeitig in grösserer Anzahl, mit Zellkernen versehene Zellen auf. Bei Cupressineen annähernd drei hinter einander gestellte Zellen im Scheitel des Eies; bei Abietineen vier in gleiche Ebene gestellte Zellen an derselben Stelle; bei Ginkgo eine grosse Zahl Zellen in der ganzen Masse des Eies vertheilt; bei Ephedra eine wechselnde Zahl völlig gegen einander isolirter Zellen.

Aus dem Zellencomplex im Cupressineen-Ei geht nur einer (Thuja), oder auch durch nachfolgende Spaltung, mehrere Embryonalanlagen hervor (Juniperus). Bei Abietineen ein Embryo (Picea) oder ebenfalls durch nachträgliche Spaltung der Anlage mehrere (Pinus). Bei Taxineen stets nur ein Embryo. Bei Ephedra aus jeder der freien Zellen je eine Anlage.

Trotz dieser, der Anlage nach, so zahlreichen Embryonen, deren Zahl in jedem Embryosack noch durch die Mehrzahl der vorhandenen Archegonien vermehrt wird, finden wir meist doch nur einen Embryo im reifen Samen, weil dieser alle anderen während seiner Entwicklung verdrängt hat.[1])

Das Gewebe des Embryosackes selbst — das Prothalliumgewebe — zeigt sich nicht wesentlich beeinflusst durch die Befruchtung.

---

[1]) Vergl. über alles das Gesagte meine Coniferen und Gnetaceen und Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl.

Digitized by Google

Anders sind nun die Vorgänge bei den Metaspermen.

Nach erfolgter Befruchtung beginnt alsbald das Ei sich zu vergrössern und wächst entweder gleichmässig in die Länge (Orchideen), oder kann auch, wie beispielsweise bei Monotropa, nur einen schlauchartigen Auswuchs treiben, so dass die Basis des Eies bauchförmig angeschwollen erscheint.

Nach kürzerer oder längerer Zeit — je nach der Art sehr verschieden — [1]) folgt die erste Theilung des Eies.

Entgegen der Angabe Hofmeister's [2]) schwindet der Keimkern nie, vielmehr geht er direct in Theilung ein. Ich habe ihn wiederholt bei Orchideen in Theilungsstadien fixirt (Taf. III, Fig. 92), es ist das der Augenblick, wo er für die directe Beobachtung schwindet; man muss zu entsprechenden Reagentien seine Zuflucht nehmen, um ihn zur Anschauung zu bringen.

Auf die erste Theilung folgen im Orchis-Keime bald andere, die es nicht in meiner Aufgabe lag, weiter zu verfolgen. Der junge Embryo nimmt rasch an Grösse zu. Der Embryosackkern pflegt zu schwinden, wenn der Keim die Grösse wie in Fig. 98 erreicht hat; manchmal bleibt er auch länger erhalten. Dem Schwinden des Kernes ist etwas früher die Verflüssigung der Gegenfüsslerinnen vorausgegangen.

Auf nächstfolgenden Stadien erfüllt der Keim den ganzen Embryosack, womit zunächst seine Entwicklung sistirt ist.

Bei Orchideen wird bekanntlich Endosperm nicht angelegt, in dem beschriebenen Falle auch nicht die Spur desselben.

Bei Monotropa hingegen sehen wir die Endospermbildung frühzeitig eintreten. Ihr Beginn fällt etwa in den fünften Tag nach erfolgter Bestäubung. Ungefähr zu der Zeit, da das Ei sich zu strecken beginnt, geht der Embryosackkern die erste Theilung ein (Taf. IV, Fig. 132, 135, 136), dieser folgt alsbald die zweite (Fig. 138, 140) und die folgenden; zuerst nach der Quere, dann auch, und zwar zunächst in den mittleren Zellen, in zu dieser senkrechten Richtung. Nach dem dritten oder vierten Theilungsschritte schwinden im hinteren Ende des Embryosacks die Gegenfüsslerinnen. Interessant ist die Art, wie das schlauchartig auswachsende Ei, die bald zu erreichende Endospermwand durchbricht (Fig. 140): es stülpt dieselbe nicht etwa ein, sondern macht in derselben ein rundes, scharf contourirtes Loch; es wird also die

[1]) Vergl. Hofmeister, Abhandl. V, p. 697.
[2]) l. c., p. 695.

Digitized by Google

durchbrochene Wand nicht eingedrückt, sie muss an der betreffenden Stelle gelöst worden sein.

Sobald nach erfolgter Befruchtung das Ei von Capsella Bursa pastoris sich zu strecken beginnt, wird der Embryosackkern aufgelöst und es treten neue Kerne frei im Wandplasma auf. Zunächst in geringer Anzahl, nimmt ihre Zahl bei gleichzeitiger, rascher Vergrösserung des Embryosacks, durch Einschaltung zwischen die vorhandenen zu (Fig. 76, Taf. VII). Die Untersuchung erhärteter Alcoholpräparate lehrt, dass die Kerne auch hier sofort von einer nach aussen mit Hautschicht umgrenzten Protoplasmamasse umgeben sind. Diese Plasmamasse ist, entsprechend den Raumverhältnissen in der Wandschicht in der sie entstand, von linsenförmiger Gestalt. Der Längsstreckung des Embryosackes folgend, werden die Zellen bald spindelförmig. Die hier gebildeten Kerne unterscheiden sich von den früher von mir bei Phascolus beobachteten dadurch, dass sie von Anfang an eine Sonderung zeigen: ein solides Kernkörperchen in der Mitte, und in einiger Entfernung, concentrisch um dieses, die Kernhülle. Bei Phaseolus sind hingegen die angelegten Kerne völlig homogen, wie ich das durch Vergleich meiner Präparate nochmals bestätigen kann.

Zum Unterschied von Phaseolus werden die Zellkerne hier auch nicht punktförmig angelegt, sondern treten anscheinend gleich, fast in ihrer definitiven Grösse in die Erscheinung.

Bald stossen in den beiden Enden des Embryosacks von Capsella die frei gebildeten Zellen auf einander und werden so diese beiden Enden zuerst mit geschlossenem Gewebe erfüllt.

So weit meine Beobachtungen bisher reichten, bin ich immer nur diesen beiden Arten der Endospermbildung begegnet, wie ich sie hier für Monotropa und Capsella geschildert, und möchte ich mir daher fast die Vermuthung erlauben, dass es überhaupt die einzigen beiden Arten der Endospermbildung sind, welche existiren.

Digitized by Google

Morphologische Deutung der Entwicklungsvorgänge im Innern der Pollenkörner und der Embryosäcke der Phanerogamen.

Durch die Theilung, welche wir im Pollenkorn der Metaspermen, kurz vor der Anthese, nachgewiesen, ist eine neue Uebereinstimmung zwischen Archispermen und Metaspermen gewonnen worden. Es könnte die Uebereinstimmung im Sinnn einer Annäherung beider verwerthet werden, andererseits aber auch einer directeren Annäherung der Metaspermen an diejenigen höheren Kryptogamen, denen eine gleiche Bildung in der Mikrospore zukommt. Dabei könnte aber noch erwogen werden, ob nicht diese Abgrenzung eines Theiles des Mikrosporen- resp. des Pollenkorn-Inhalts vor der Befruchtung, eine physiologische Bedeutung habe. Wäre Letzteres der Fall, so käme die „vegetative Zelle" um ihre rudimentäre Bedeutung und somit zum grössten Theil auch um ihren Werth für Beurtheilung der Verwandtschaftsverhältnisse zwischen Phanerogamen und Kryptogamen

Die Bildung der nackten Zellen in der Pollenschlauchspitze der Coniferen liegt es aber immer noch nahe, so wie dies von Hofmeister zuerst geschehen [1]), mit der Bildung von Spermatozoidmutterzellen zu vergleichen.

Die Deutung der Vorgänge im Embryosacke der Archispermen macht im Allgemeinen keine Schwierigkeit. Diese Vorgänge knüpfen zu überzeugend an diejenigen bei höheren Kryptogamen an. Das sg. Endosperm im Embryosack entspricht dem Prothalliumgewebe, die sg. Corpuscula den innern Theilen eines Archegoniums. Ja die Uebereinstimmung erstreckt sich in vollem Maase bis auf das Ei, welches kurz vor seiner Reife die Bauchkanalzelle abgibt.

---

[1]) Vergl. Unters,. p. 132.

Digitized by Google

Die herrschende Ansicht war jetzt auch, dass die Gegenfüsslerinnen im Embryosack der Metaspermen als Rudimente des Prothalliumgewebes der Archispermen zu deuten seien, dass wir in den „Keimbläschen" der Metaspermen aber die bis auf die Eier reducirten „Corpuscula" der Archispermen vor uns hätten.

Der sg. „Fadenapparat" an den „Keimbläschen" wurde von mir vor Kurzem mit der Bauchkanalzelle am Ei der Archispermen verglichen.

Die Vorstellungen, welche wir uns nach Hofmeister und Schacht von den innern Processen im Embryosack der Metaspermen gebildet hatten, liessen solche Vergleiche zu. Heut ist die Sache wohl anders geworden.

Die Vorgänge im Embryosack der Metaspermen haben sich als so verschieden von denjenigen im Innern des Embryosackes der Archispermen gezeigt, dass eine directe Anknüpfung an die letzteren kaum mehr möglich erscheint.

Mir ist jetzt überhaupt die Ableitung der Metaspermen von den Gnetaceen, welche ich nach dem früheren Stande meiner Kenntnisse versuchte, mehr denn zweifelhaft geworden.

Aber auch mit der Anknüpfung der Vorgänge im Embryosack der Metaspermen an diejenigen in den Makrosporen der höheren Kryptogamen bisher beobachteten, dürfte es nicht besser gehen, es müssten denn, durch erneute Untersuchungen, auch da unerwarteter Thatsachen gefördert werden.

Wir haben gesehen, dass im Embryosack der Metaspermen, sobald er in den bestimmten Entwicklungszustand eingetreten ist, eine Kerntheilung, von unvollständiger Zelltheilung begleitet, stattfindet, durch welche ein Gegensatz zwischen den beiden Enden des Embryosackes entwickelt wird. Die zwei Kerne theilen sich bald und ebenso auch noch die beiden Kernpaare. Bei diesem letzten Theilungsschritt wird auch die Zelltheilung durchgeführt und wir erhalten im Allgemeinen drei obere und drei untere Zellen im Embryosacke: einerseits das Ei mit seinen beiden Gehülfinnen, andererseits die Gegenfüsslerinnen. Je ein Kern fällt bei der letzten Theilung, vorn und hinten, dem gemeinsamen Innenraume des Embryosackes zu, und wir haben gesehen, dass die beiden Kerne bald auf einander zuwandern und mit einander verschmelzen. So scheint im Embryosackkerne der Gegensatz wieder ausgeglichen zu werden, der zwischen dem Eiapparat und den Gegenfüsslerinnen definitiv bestehen bleibt.

Können aber die unter solchen Umständen erzeugten Gegen-

Digitized by Google

füsslerinnen mit dem Prothalliumgewebe im Embryosack der Archispermen verglichen werden? Es müsste dieser Vergleich doch sehr künstlich erscheinen. Eher wird man sich nun wohl nach neuen Anknüpfungspunkten bei den Kryptogamen umzusehen haben.

Der Eiapparat, wie er im Embryosack der Metaspermen beschaffen, kennt aber auch bisher nicht Seinesgleichen. Die Gehülfinnen vermitteln die Befruchtung in einer Weise, die nur an die Vorgänge in gewissen Geschlechtsapparaten niederer Kryptogamen erinnern kann. Die Differenzirungen an der Basis der Gehülfinnen, „die Fadenapparate" mit dem Empfängnissfleck zu parallelisiren dürfte kaum noch möglich sein. Als Kanalzellen können die Gehülfinnen aber auch nicht gedeutet werden, denn abgesehen von der ganz verschiedenen Function, sehen wir auch, dass dieselben nicht vom Ei abgegeben werden, vielmehr einem besonderen Theilungsschritte ihre Entstehung verdanken. Das Ei wird zugleich mit ihnen angelegt und der Schwesterkern des Eies geht nicht in die Bildung der Gehülfinnen ein, fällt vielmehr dem gemeinsamen Innenraume des Embryosackes zu.

Sollten die Gehülfinnen trotzdem metamorphosirte Eier sein? Diese Annahme bliebe zunächst nur eine billige Hypothese, da keine Beobachtung bis jetzt vorliegt, die sie stützen könnte, die „Fadenapparate" würden aber auch dann nicht an Aehnlichkeit mit den Empfängnissflecken gewonnen haben, denn sie zeigen einen ganz anderen Bau, andre chemische Zusammensetzung und andere Function.

Der definitiven Bildung des Embryosackerns aus der Verschmelzung zweier, wüste ich aber auch keine bisher bekannten Thatsachen zur Seite zu stellen, es seien denn die Kernverschmelzungen, denen wir bei der Befruchtung begegnet sind.

So kommen denn eigentlich die Vorgänge im Embryosack der Metaspermen durch diese Untersuchung in eine isolirte Lage und es fragt sich, wie bald es gelingt, sie aus derselben zu befreien.

Digitized by Google

Allgemeines über den Vorgang der Befruchtung.

Meine derzeitige Auffassung von dem Wesen der Befruchtung bildete sich aus während der Beobachtung der Copulationsvorgänge der schwärmenden Gameten von Acetabularia. Es musste mir dort auffallen, dass es die gleichwerthigen Theile der copulirenden Zellen sind, die sich im Geschlechtsakte vereinigen.

Diese Erscheinung geht nun, wie ich auf Grund bisheriger Erfahrungen glaube annehmen zu müssen, durch das ganze organische Reich.

In der Weise wie sie sich äussert, gibt es aber Modificationen.

Bei den schwärmenden Gameten von Acetabularia und in andern ähnlichen Fällen verschmelzen die vorderen, farblosen Stellen und die andern sich entsprechenden Theile der Körper mit einander.

Bei den nicht schwärmenden Gameten von Spirogyra trifft die Hautschicht der einen Zelle auf die Hautschicht der andern, das Körnerplasma beider Zellen durchdringt sich wechselseitig; selbst die Chlorophyllmassen treten in Berührung. Die Zellkerne sind zuvor gelöst worden, doch mag die vereinte Substanz derselben sich im Zellkerne des Keimlings wiederfinden.

Bei Marchantia hat das Ei einen Kern, das Spermatozoid aber wird nur von einem homogenen Plasmabande gebildet. [1]) Die Entwicklungsgeschichte der Spermatozoiden lehrt uns aber, dass letztere aus der Substanz ihrer Mutterzelle nach Auflösung des Zellkernes gebildet werden, dass ihr Körper also auch Kernstoff enthält. Es mag nun bei der Befruchtung die Kernsubstanz des Spermatozoiden dem Kerne des Eies zufallen, sein

[1]) Den Beweis hierfür glaube ich an den Spermatozoiden der Farne und Equiseten geliefert zu haben in meinen Studien über Protoplasma, p. 11, 1876.

Digitized by Google

übriges Plasma sich entsprechend mit dem Plasma des Eies vereinigen.

Bei Coniferen sammelt sich die Kernsubstanz des Pollenkorninhalts meist in Kernform an der Befruchtungsstelle, um weiter gegen den Eikern vorzudringen und mit demselben zu verschmelzen. Dass anderweitige Substanz des Pollenschlauches mit dem Eiplasma sich vermengt, zeigt die Veränderung, welche letzteres gleichzeitig erfährt.

Endlich sahen wir auch bei den Metaspermen Theile des befruchtenden Stoffes sich innerhalb des Eies in Kernform sammeln und mit dem Eikern vereinigen; andererseits war die Aufnahme befruchtender Substanz auch in das übrige Eiplasma zu augenscheinlich, um übersehen werden zu können.

Durch die Vorstellung, welche wir uns bei Phanerogamen von dem directen Fortschreiten der befruchtenden Substanz bis zum Ei gebildet haben, wird aber die Uebereinstimmung dieser Befruchtungsvorgänge mit denjenigen der Kryptogamen angebahnt.

Da aber die Kernsubstanz der Pollenschläuche sich zertheilen muss, um mit dem übrigen Plasma die Membranen zu passiren, so gleicht der formlose, befruchtende Stoff hier durchaus einem geformten Spermatozoiden der höheren Kryptogamen. Erst während der Befruchtung tritt wieder die Sonderung des befruchtenden Stoffes in seine Bestandtheile ein.

Die Aufnahme befruchtender Substanz in den Eikern war mir früher besonders aufgefallen und veranlasste mich, die Ansicht auszusprechen, dass es vornehmlich um die Einführung der Kernsubstanz sich bei der Befruchtung handele.[2]) — Diese meine Ansicht ist nun jetzt dahin geändert: dass es die gleichwerthigen Theile beider Zellen sind, die sich bei der Befruchtung vereinigen.

Diese Ansicht wird in besonders instructiver Weise durch die Metaspermen gestützt, bei denen der Eikern auch ein Kernkörperchen führt, — und dem entsprechend auch ein solches im Spermakern auftritt, um gesondert mit dem Kernkörperchen des Eikerns zu verschmelzen.

Für die Ansicht, die ich mir über den Vorgang der Befruchtung gebildet, ist gleichgültig, ob der befruchtende Stoff direct zur Verwendung kommt, oder ob derselbe wiederholt übertragen werden muss, oder sich auch vertheilt. Letzteres wäre nun be-

---

[1]) Jahrb. für wiss. Bot., Bd. VII, p. 405.

[2]) Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 309.

Digitized by Google

sonders der Fall, wenn, wie es Pringsheim will, die Wirkung des befruchtenden Stoffes sich bei Florideen und gewissen Ascomyceten bis auf die in den Früchten erzeugten „Sporen" fortzupflanzen hätte.[1])

Auch die Angaben auf zoologischem Gebiete stehen meiner Auffassung der Befruchtung nicht entgegen.

O. Hertwig ist der Ansicht, dass die Befruchtung allgemein auf der Copulation zweier Kerne, des Kerns des Spermatozoiden und des Eikerns, beruht[2]), in dieser Ansicht stimme ich mit ihm überein, erweitere sie aber darin, dass eine Copulation auch zwischen den übrigen gleichwerthigen Bestandtheilen des Spermatozoiden und des Eies vor sich geht.

Noch mehr würde mit den von mir bei Phanerogamen geschilderten Vorgängen die Beschreibung übereinstimmen, welche Fol von dem Befruchtungsvorgange bei einem Seestern gibt.[3])

Das Spermatozoid copulirt dort mit dem Ei, indem es gleichsam in dasselbe hineinfliesst. Die Aufnahmestelle des Spermatozoids soll aber zum Centrum eines Sternes werden, in dessen Mitte sich der „männliche Pronucleus" bildet, der auf den „weiblichen Pronucleus" zuwandert und mit demselben verschmilzt.

Fol lässt nun freilich den „männlichen Pronucleus" aus der Fusion der Spermatozoiden mit einer gewissen Menge des Dotterplasma entstehen; wir hingegen halten den „männlichen Pronucleus" für die Kernsubstanz des Spermatozoiden.

Wie bekannt, ist die Vereinigung von mehr denn zwei gleichgeformten Elementen zu einem einzigen Copulationsproducte ausnahmsweise möglich (Chlorosporeen, Spirogyra). Mit eintretender Formverschiedenheit der Geschlechtsproducte scheint eine solche Möglichkeit aufzuhören.

Nach den übereinstimmenden Angaben von O. Hertwig[4]) und Fol[5]) wird normaler Weise nur ein Spermatozoid bei der Befruchtung in das thierische Ei aufgenommen. Pringsheim[6]) hat das-

---

[1]) Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XI, p. 45. 1877.

[2]) Morpholog. Jahrb., Bd. III, p. 278.

[3]) Comptes rendus 1877, T. LXXXIV, p. 359, und Archives des sciences phys. et nat. Genève, 1877, T. LVIII.

[4]) Morphol. Jahrb. III, p. 82.

[5]) Comptes rendus 1877, T. LXXXIV, p. 359.

[6]) Monatsber. der Berliner Akad. der Wissenschaften, Mai 1856. Von Pringsheim wurde auch der erste sichere Nachweis geführt, dass eine Mischung der zeugenden Elemente bei der Befruchtung stattfindet.

Digitized by Google

selbe schon vor vielen Jahren für Oedogonien nachgewiesen, neuerdings für die gleichen Pflanzen auch Juranyi.[1]) Ich selbst sah bei Farnen[2]), dass nur ein einziges Spermatozoid in's Ei eindringen kann, andere bleiben auf dem Ei liegen. Doch handelt es sich für Oedogonium und für Farne um, im Verhältniss zum Ei, relativ grosse Spermatozoiden; ob die sehr kleinen Spermatozoiden von Vaucheria oder Marchantia in Mehrzahl die Befruchtung des gleichen Eies bewirken, lässt sich nicht sagen, der Umstand, dass bei thierischen Eiern auch nur ein kleines Spermatozoid in das verhältnissmässig sehr grosse Ei aufgenommen wird, lässt auch für die genannten Pflanzen die Befruchtung des Eies durch nur ein Spermatozoid möglich erscheinen.

Warum aber im Allgemeinen nur ein Spermatozoid in das Ei eingelassen wird, muss dahingestellt bleiben. Man möchte zunächst bei Pflanzen an eine ausserordentlich rasch erfolgende Ausscheidung vom Cellulose denken, doch können auch moleculare Vorgänge ganz anderer Art hier im Spiele sein.

Bei Asterias glacialis soll nach Fol die Differenzirung einer Dotterhaut mit dem Antritt eines Spermatozoiden beginnen und schon nach wenigen Secunden den Zugang einem jeden weiteren Spermatozoiden verwehren. Doch behauptet andererseits O. Hertwig[3]), das Ei sei schon vor der Befruchtung von einer Dotterhaut umgeben. So wie ein Spermatozoid in das Ei eindringt, hebe sich die Dotterhaut von der Dotteroberfläche ab, indem durch Contraction des Protoplasma Flüssigkeit ausgepresst werde.

Bei Marchantia, den Coniferen und in vornehmlich anschaulicher Weise bei den Metaspermen bleibt der morphologische Kern des Eies bis zum Augenblick der Befruchtung erhalten.

Dass der Keimkern aber bei Marchantia und den Metaspermen nicht schwindet, sondern direct in die erste Theilung eingeht, war leicht zu beweisen. Nur bei verkürzter Entwicklung, wie solche bei Coniferen-Eiern erfolgt, wird der Keimkern aufgelöst und durch eine grössere Anzahl gleichzeitig erzeugter neuer Kerne ersetzt. Es ist das dann aber kein anderer Vorgang als derjenige, der sich sonst bei Vielzellbildung in kernhaltigen Zellen abspielen kann.

Es war mir schon früher aufgefallen, dass so oft Theile der

---

[1]) Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. IX, p. 17, 1873—74.

[2]) Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. VII, p. 405, 1869—70.

[3]) Nach einem Vortrage O. Hertwig's in der med. naturwiss. Gesell. zu Jena, mit Erlaubniss des Vortragenden hier angeführt.

Digitized by Google

geschlechtlich sich differenzirenden Zellen frühzeitig abgetrennt werden und von dem späteren Geschlechtsakte ausgeschlossen bleiben. Ich fand somit bei Pflanzen eine ganze Anzahl von Gebilden, die, so weit sie von weiblichen Zellen stammten, sich mit den Richtungskörpern der thierischen Eier vergleichen liessen. Solche Bedeutung schienen mir die Protoplasmaballen, welche die Eier vieler Algen vor der Befruchtung ausstossen; weiter die Bauchkanalzellen der Eier bei höheren Kryptogamen und bei Coniferen zu haben. [1])

O. Hertwig fand nun neuerdings, dass den Richtungskörpern wohl eine allgemeine Verbreitung durch das ganze Thierreich zukommt. [2])

Andererseits musste ich jetzt feststellen, dass das Aufgehen des Inhalts der geschlechtlich sich differenzirenden Zellen von Spirogyra in den Geschlechtsproducten ohne Rest erfolgt. Auch ein solcher Vorgang ist somit möglich; die etwaige Annahme, dass die Zelle der Spirogyra durch eine vorhergehende, von den sonstigen vegetativen nicht unterscheidbare Theilung zu der geschlechtlichen Function vorbereitet worden sei, wird durch die Thatsache ausgeschlossen, dass meist die sämmlichen Zellen des einen Fadens mit den sämmtlichen Zellen des anderen in Verbindung treten. Der ganze eine Faden ist dann entleert, sämmtliche Zellen des anderen führen Zygoten. Uebrigens, und ich habe schon auf diese Angabe de Bary's im Text aufmerksam gemacht, kommt es bei der Spirogyra Heeriana bereits häufig vor, dass ein kleiner, blasenförmiger Inhaltstheil der übertretenden Zelle von der Copulation ausgeschlossen bleibt.

Bei weiter fortgeschrittener Differenzirung der Geschlechtszellen scheint diese Abtrennung von Theilen derselben, meistens deren definitiver Ausbildung vorauszugehen. In einfachster Weise wird bei gewissen Algen ein Theil der Eisubstanz durch Ausstossung beseitigt; bei denselben Pflanzen auch nicht die gesammte Substanz des Antheridiums zur Bildung der Spermatozoiden verwerthet.

Bei den höheren Kryptogamen geht der definitiven Ausbildung des Eies eine Theilung voraus, durch welche die Bauchkanalzelle angelegt wird. Die Spermatozoiden führen aber ein Bläschen

---

[1]) Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 293 u.
[2]) Morph. Jahrb. III, p. 279

Digitized by Google

mit sich, das sich an der Befruchtung nicht betheiligt und einen Theil des Inhalts der Mutterzelle repräsentirt. Bei Marsilia bleibt ein Theil des Inhalts der Mutterzelle bei der Bildung der Spermatozoiden unbenutzt [1]); bei Salvinia wird ein bläschenförmiges Gebilde ausgeschieden, bevor die Mutterzellen der Spermatozoiden entstehen.[2])

Bei Archispermen gibt das Ei kurz vor der Befruchtung eine, der Bauchkanalzelle der höheren Kryptogamen entsprechende Zelle durch Theilung ab. O. Hertwig [3]) hat besonders darauf aufmerksam gemacht, wie im Ei der Hirudineen die Richtungskörper ganz ähnlich wie die Bauchkanalzelle am Coniferenei gebildet werden. In den Pollenkörnern der Archispermen wird vielleicht die Abtrennung des Inhalts der s. g. vegetativen Zelle, eine vorbereitende Bedeutung für die Bildung des Geschlechtsstoffes gewonnen haben; freilich ist diese vegetative Zelle schon bei Selaginellen und Isoëten vorhanden, wo ausserdem noch ein Theil des Inhalts der Spermatozoidmutterzellen in Bläschenform, als centrale Vacuole, beseitigt wird. Möglich, dass auch bei den Coniferen die Bildung der beiden primordialen Zellen in der Pollenschlauchspitze mit einer Substanzsonderung verbunden ist.

In dem Embryosack der Metaspermen folgen sich ganze Reihen von Erscheinungen, die aber nicht ohne Weiteres mit denjenigen bei anderen Pflanzen zu vergleichen sind. Die Anlage der Gehülfinnen entspricht nicht derjenigen der Kanalzellen, auch besitzen die Gehülfinnen hier eine ganz andere Function. Sie vermitteln einerseits die Uebertragung des befruchtenden Stoffes, andererseits hat ihre, mehr oder weniger differenzirte Basis wohl die Aufgabe, die Wand des Embryosackscheitels zu durchbrechen oder zu erweichen, resp. wohl auch später zu ersetzen. Das einzige Gebilde, welches hier, seiner Entstehung nach, gewissermassen an die Kanalzelle erinnern würde, ist der Schwesterkern des Eies, der nach dem Embryosackinnern abgegeben wird — doch wie verschieden wäre dann sein weiteres Verhalten. Will man die Gehülfinnen als metamorphosirte Eier deuten, so könnten nur noch die Gegenfüsslerinnen mit den Kanalzellen verglichen werden; ich lasse es dahingestellt, wie viel Recht dieser letzte Vergleich noch auf Wahrscheinlichkeit hätte. Ein Gegensatz scheint in der

---

[1]) Millardet, le prothallium mâle des Cryptogames vasculaires, 1869.
[2]) Pringsheim, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. III, p. 510.
[3]) Morph. Jahrb. III, p. 29.

Digitized by Google

That sich zwischen den beiden Enden des Embryosacks auszubilden, welcher Art er aber ist, mag dahingestellt bleiben.

Die vegetative Zelle die von den Pollenkörnern der Metaspermen abgegrenzt wird, mag eine physiologische Bedeutung für die geschlechtliche Vorbereitung des Polleninhalts gewonnen haben. Es müsste aber freilich eine kurze Trennungszeit hier genügen, um diese Vorbereitung durchzuführen, da ja die Hautschichtwand die beide Zellen trennt, alsbald wieder gelöst wird. Man könnte aus diesem Grunde geneigt sein, diese Zelle für ein bedeutungsloses Rudiment zu halten, wenn nicht andererseits der Zellkern derselben erhalten bliebe und mit in den Pollenschlauch geführt würde.

Die Conjugationsvorgänge der Infusorien habe ich in den vorhergehenden Betrachtungen unberücksicktigt gelassen, weil eine definitive Beurtheilung derselben, trotz der sorgfältigen Untersuchungen von Bütschli und Engelmann, noch immer Schwierigkeiten bereitet. Im Allgemeinen trennen sich hier wieder die zuvor copulirten Thiere, nachdem sie sich gegenseitig durch ihren Inhalt beeinflusst haben und eine Anzahl complicirter Erscheinungen sich in jedem Thiere abspielte. Bei den Vorticellinen u. A. findet übrigens eine vollständige Verschmelzung der Thiere statt und es sind auch gewisse Fälle beobachtet worden, wo die Nuclei der zusammentretenden Thiere sich vereinigen, worauf ohne weitere Absonderlichkeiten aus dem Verschmelzungsproduct wieder ein normales, sich durch Theilung fortpflanzendes Thier hervorgeht. [1])

Unter den Bacillariaceen sind Arten bekannt, wo das einzelne Individuum seine Schale abwirft und, eine Gallerthülle ausscheidend, zu einer „Auxospore" auswächst. Individuen anderer Arten treten wieder zu zweien zusammen, scheiden eine gemeinsame Gallerthülle aus, entledigen sich ihrer Schalen und bilden, ohne zu verschmelzen, ja selbst ohne in Berührung zu treten, jedenfalls doch aber unter gegenseitiger Beeinflussung, jedes für sich eine Auxospore. Endlich sieht man Individuen anderer Arten in ähnlicher Weise wie sonst copulirende Gameten verschmelzen. [2]) Wie sich die Zellkerne in den letzteren Fällen verhalten, ist noch unbekannt.

---

[1]) Bütschli, Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zelltheilung und die Conjugation der Infusorien, p. 239. 1876.

[2]) Sitzungsber. d. naturf. Ges. zu Halle v. 9. Juli 1877.

Digitized by Google

Dass bei Bacillariaceen, wo ein einzelnes Individuum zur Auxospore auswächst, ein geschlechtlicher Akt nicht mehr vorliegen kann, ist klar; die Fälle bei Bacillariaceen aber, wo die zwei Individuen innerhalb der gemeinsamen Gallerthülle zu je einer Auxospore auswachsen, oder die Fälle bei Infusorien, wo die vereinigten Individuen sich von einander wieder trennen, sind schwieriger zu deuten. Bei Infusorien, wo sich ziemlich complicirte Vorgänge in den beiden Individuen während der Zeit ihrer Vereinigung abspielen, mag immerhin ein Geschlechtsakt vorliegen. Bei den vorerwähnten Bacillariaceen dürfte aber eher an einen geschlechtlichen Rückbildungsprocess, der an Parthenogenesis streift, zu denken sein. Möglich, dass die aus ganz isolirten Individuen hervorgehenden Auxosporen die Endglieder dieses Processes repräsentiren.

Wie dem übrigens auch sei, als Ausgangspunkt für die Deutung der Befruchtungsvorgänge können die Fälle, wie es Schmitz möchte [1]), nicht dienen, und zwar um so weniger, als wir nunmehr wissen, dass auch bei Phanerogamen die Befruchtung nicht ein Diffusionsvorgang ist, vielmehr auf einer Vermischung des Inhalts der geschlechtlich differenzirten Zellen beruht, und ich annehmen muss, dass eine solche Vermischung der zeugenden Elemente auch bei Florideen und Ascomyceten sattfindet. Damit wäre aber die gegenseitige Beeinflussung auf Entfernung bei den vorerwähnten Bacillariaceen zu einem völlig eigenartigen und isolirten Vorgange geworden.

Nicht alle Verschmelzungen die bei niederen Organismen, vornehmlich bei Rhizopoden, beobachtet worden sind, brauchen andererseits geschlechtlicher Art zu sein; doch mag es in der Zahl auch solche geben. So sollen auch bei der Copulation der Acineten nach Claparède und Lachmann [2]) die Zellkerne verschmelzen, ebenso nach Schneider [3]) bei Actinosphaerium Eichhorni, was in der That, nach Analogie, für einen geschlechtlichen Vorgang in den genannten Fällen sprechen könnte.

Polyembryonie und Parthenogenesis.

Uebereinstimmende Resultate haben uns für Funkia ovata, Nothoscordum fragrans, Caelebogyne und wohl auch für Citrus

[1]) l. c., Separatabdr., p. 11.
[2]) Etudes sur les Infusoires 3. partie.
[3]) Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. XXI.

Digitized by Google

gelehrt, dass mit normalen Keimen sonst völlig übereinstimmende Gebilde, durch Sprossung in die Embryosackhöhlung hinein, aus dem Nucellargewebe erzeugt werden können. Bei Caelebogyne werden diese Adventiv-Keime sicher ohne etwaigen vorhergehenden Einfluss des Pollenschlauchinhalts gebildet, trotzdem liegt Parthenogenesis nicht vor, da ja diese Adventiv-Keime nicht aus unbefruchteten Eiern hervorgehen.

Es erscheint mir als wahrscheinlich, dass in den meisten Fällen von Polyembryonie bei Metaspermen, eine Bildung von Adventiv-Keimen aus dem Nucellargewebe vorliegt. Andererseits wird man auch alle Angaben über Parthenogenesis bei Metaspermen nunmehr auf adventive Keimbildung hin zu prüfen haben.

Digitized by Google

Anhang über Zelltheilung.

Es gibt kaum ein schöneres Object, um sich rasch über das Verhalten der Zellkerne bei der Theilung zu orientiren, als den Embryosack von Monotropa. Bringt man Ovula, die aus einer vor 5—8 Tagen bestäubten Blüthe stammen, in etwa 3% Zuckerlösung und setzt nun rasch einen Tropfen 1 % Osmiumsäure hinzu, so ist man fast sicher, Theilungszustände der in Bildung begriffenen Endospermzellen zu fixiren.

Ohne Osmiumsäure könnte man freilich oft glauben, dass der Zellkern hier bei der Theilung aufgelöst werde, die Osmiumsäure lässt ihn aber stets, schon nach wenigen Minuten, hervortreten und fixirt Theilungszustände von solcher Klarheit, dass sie in den Abbildungen für schematisch gehalten werden könnten.

Der zur Theilung sich anschickende Kern (Taf. IV, Fig. 132) zeigt hier tonnenförmige Gestalt; die Kernplatte ist schwach entwickelt, die Streifen, scharf markirt, enden an den beiden scheibenförmigen Polen mit punktförmiger Anschwellung.

In schönster Weise gelang es mir in Fig. 135, Taf. IV den beginnenden Theilungszustand zu fixiren, wo die Kernplatte sich eben gespalten hatte. Fig. 138 zeigt (unten) ein weiter vorgerücktes Theilungsstadium. Das Protoplasma, in dem der Zellkern suspendirt ist, hat sich bis jetzt nicht an den Vorgängen im Kerne betheiligt. Seine Betheiligung bleibt hier überhaupt oft eine sehr geringe, denn wie wir in Fig. 138 (oben) sehen, können die Kernfäden so bedeutend divergiren, dass die innerhalb derselben gebildete Zellplatte fast den ganzen Querschnitt des Embryosackes durchsetzt. Freilich müssen wiederum in anderen Fällen, wie etwa in Fig. 139, auch grössere Theile der Zellplatte im angrenzenden Plasma entstehen.

Nicht anders als in den Endospermzellen verhalten sich die Kerne in jungen Embryosäcken bei Anlage des Eiapparates und

Digitized by Google

der Gegenfüsslerinnen. Die Figuren 105, 109, 110, 114, 115 Taf. III genügen, um dies zu zeigen. Auch der aus einer Integumentzelle entnommene Kern Fig. 111 zeigt kein wesentlich abweichendes Verhalten.

In jungen Embryosäcken der Orchideen sehe ich die Kerne während der Theilung auch nicht anders gestaltet (Fig. 75, 78, 79, 82, Taf. II). So auch in den Embryonen der gleichen Pflanzen (Fig. 92, Taf. III).

In den Pollenkörnern der Metaspermen waren die zur Theilung sich anschickenden Kerne im Allgemeinen mehr spindelförmig, so z. B. bei Rheum (Taf. II, Fig. 55); in solcher Gestalt waren wir denselben auch früher meist in den Mutterzellen bei Bildung der Pollenkörner begegnet.

Die eigenthümlichsten Kerndifferenzirungen, die ich bisher im Pflanzenreich kannte, traten mir jetzt in den Integumentzellen von Nothoscordum fragrans entgegen.

Schon hatte ich früher für die Staubfädenhaare von Tradescantia, Kernspindeln mit besonders dicken Fasern und kaum vorhandener Platte geschildert [1]). Solche Kerne treffen wir nun in exquisiter Ausbildung bei Nothoscordum fragrans.

Die Kernspindel Fig. 48 Taf. VII zeigt sich nur aus dicken Fasern aufgebaut, welche nach den Polen convergiren, in der Aequatorialebene aufeinanderstossen. Die ganze Kernsubstanz ist zu deren Bildung aufgebraucht worden; eine Kernplatte fehlt. So stellen diese Spindeln das Extrem gegen solche dar, wie wir sie in manchen Pollenmutterzellen gesehen, wo die Kernfasern kaum sichtbar, die Kernplatte dagegen auffallend stark entwickelt ist (vergl. die Figuren 52, 53, 55 auf Taf. VI der Zellbildung und Zelltheilung 2. Aufl.). Wenn die Kernspindel von Nothoscordum fragrans in zwei zerfallen soll, weichen ihre beiden Hälften in der Aequatorialebene auseinander. Jetzt sieht man die Fasern oder Stäbchen an derjenigen Seite, die sich beide Kernhälften zuwenden, noch etwas fächerförmig auseinanderweichen; gleichzeitig flachen sich die beiden Pole ab und die Stäbchen beginnen dort mit einander zu verschmelzen (Fig. 49). Weiterhin krümmen sich die freien Stäbchenenden nach einwärts (Fig. 50) und beginnen auch an dieser Seite alsbald zu verschmelzen. Die beiden neuen Kerne haben nun völlig abgeschlossene, glatte Contour erhalten (Fig. 52). Auch hier spinnen die auseinanderweichenden Kernhälften Kern-

[1]) Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 119.

Digitized by Google

fäden aus, die aber sehr zart sind (Fig. 51). In diesen bildet sich, in der für Pflanzenzellen gewohnten Weise, die Zellplatte aus (Fig. 52, 53). Früher (Fig. 50) oder später (Fig. 53) werden die Zellkerne homogen, doch können sie auch sehr lange die Zeichen ihrer Zusammensetzung an sich tragen.

Ich begegnete auch öfters bei Nothoscordum fragrans einem markirten Zustande des Zellkernes, der seiner Differenzirung zur Spindel noch vorausgeht. Der grosse Embryosackkern in Fig. 46 zeigte ihn am schönsten. In der Kernsubstanz war bereits eine Sonderung eingetreten, so dass dichtere unregelmässig contourirte Körner, doch in ziemlich regelmässiger Vertheilung, den ganzen Kern erfüllten. Auch das Kernkörperchen zeigte den Beginn einer gleichen Sonderung; sie scheint eine Trennung der dichten Substanz des Kerns vom wässrigen Kernsafte zu bedeuten. In einem andern, durch Fig. 47 dargestellten Kerne war das Kernkörperchen bereits geschwunden, völlig gleichmässig waren die stark lichtbrechenden Körnchen durch den ganzen Kernraum vertheilt.

Die Andeutung zu solcher Sonderung war mir auch in einem Pollenkorne von Rheum aufgefallen; doch zeigte dort nur der Aussenrand des Kornes glänzende, radial gestellte, kurze Stäbchen.

Dass ein solcher Zustand nicht in allen Kernen sich besonders markirt, kann ich, auf meine früheren Erfahrungen hin, besonders auf Spirogyren gestützt, sicher behaupten. Er mag bei sehr wasserreichen Kernen am ausgeprägtesten sein, in dichten Kernen dagegen nicht in Erscheinung treten.

Unter den Kernen in den Integumenten der Eichen bei Nothoscordum fragrans kam mir auch einer vor, der ausnahmsweise, relativ zarte Fasern besass, dafür aber eine Kernplatte aus kurzen stäbchenförmigen Elementen aufzuweisen hatte. Die Elemente dieser Kernplatte zeigten sich aber theilweise innerhalb der Kernfasern verschoben, theilweise lagen sie in einem aequatorialen Kranze um die Spindel angeordnet (Fig. 55). Diese Spindel war sehr lehrreich, denn durch sie wurde der bestimmte Beweis geführt, dass die Elemente der Kernplatte nicht einfache Anschwellungen der Kernfasern sind, vielmehr von den beiden Polen abgestossene Substanztheile, welche entweder die Kernfasern verdicken, oder auch als unabhängige Elemente zwischen denselben liegen können. In diesem concreten Falle möchte ich aber annehmen, dass die Abstossung der Elemente der Kernplatte, von den Kernpolen aus, ausnahmsweise so stark war, dass sie bis zu deren Ausstossung aus der Spindel führte. Für gewöhnlich dürfte aber, eben hier

Digitized by Google

bei Nothoscordum fragrans, diese Abstossung der Kernplattenelemente so schwach sein, dass es gar nicht zu einer Sonderung derselben von den Kernfasern kommt. Beide bilden sie vereint, in der Gestalt mehr oder weniger gleichmässig verdickter Stränge, die Kernspindel. In manchen thierischen Zellen beobachtete Kernspindeln mit besonders langgezogenen Elementen, welche als Verdickung der Kernfasern auftreten [1]) und oft unmerklich in dieselben beiderseits übergehen, dürften aber geeignet sein, die vorhandenen Extreme zu vermitteln.

So war es mir also durch meine derzeitigen Untersuchungen vergönnt, auch den Kreis meiner Erfahrungen über Zelltheilung noch zu erweitern. Letzteres wurde mir auch noch zu Theil durch das Studium vorzüglicher Präparate thierischer Objecte, die mir Herr Dr. W. Mayzel in Warschau zu eingehendem Studium gütigst übermittelte. [2]) Ich schalte meinen Tafeln einige Abbildungen ein, die ich nach eben jenen Präparaten des Herrn Dr. Mayzel, und mit dessen Erlaubniss, ausgeführt habe.

Die Figuren 56–61, Taf. VII stammen aus dem Endothel der Hornhaut des Frosches, deren Epithel acht Tage zuvor mit dem Messer entfernt worden war und sich bereits vollständig regenerirt hatte.

Die Figuren 56—58 verhalten sich, was die Elemente der Kernplatte anbetrifft, wie meine schon besprochene Fig. 55.

In Fig. 57 ist ausserdem theilweise ein Hof um die Spindel gezeichnet, in Fig. 58 ist dieser Hof besonders weit und deutlich; ich halte denselben für die vom umgebennden Protoplama aus markirte Grenze des ursprünglichen Zellkerns. Zwischen dieser Grenze und der Spindel befand sich wohl nur Kernsaft. Bei sehr wasserreichen Kernen wird eben die Bildung der Spindeln mit bedeutender Verdichtung des Kernplasma respective mit Wasserausstossung verbunden sein. Dieses bildet dann die hellen Höfe um die Spindeln. In thierischen Zellen scheint diese Erscheinung viel häufiger als in pflanzlichen zu sein, mir ist sie, im Pflanzenreiche nur bei den vier Kernen im Scheitel des Abietineen-Eies begegnet (vergl. die Fig. 27 auf Taf. II in Zellbildung und Zelltheilung 2. Aufl.).

Die Fig. 59—61 sind sehr instructiv, weil sie uns lehren, wie die Zelltheilung hier durch Einschnürung vor sich geht; dem ent-

[1]) Zellb. u. Zellth. 2. Aufl., Taf. VIII, Fig. 14.

[2]) Vgl. die Aufsätze von W. Mayzel im Centralblatt f. med. Wiss. 20. Nov. 1875; 17. März 1877 und in der Gazeta lekarska, Nr. 27, 1876; Nr. 26, 1877.

Digitized by Google

sprechend werden die Kernfäden in der Mitte zusammengedrückt und durchgeschnitten. Schöne Beispiele dieser Art hat Bütschli in seinem inhaltreichen Werke [1]) über Zelltheilung, so auf Taf. V, abgebildet.

In vielen Pflanzenzellen finden wir hingegen die Kernfäden auch nach vollendeter Bildung der Hautschichtplatte zunächst erhalten, wie es die hier gegebene Fig. 139 Taf. IV lehrt und ganz überzeugend die Figuren 22, 23 und 25 auf Taf. V meines Zellenbuches. Sollte in diesen Fällen Einschnürung der Zellen vorliegen, so müssten die Kernfäden, ähnlich wie in den vorerwähnten thierischen Zellen, zusammengedrängt und durchschnitten werden; daher ich glaube, dass der Theilungsvorgang der pflanzlichen Zellen keine andere Deutung zulässt als die in meinem Zellenbuche gegebene, und nicht, wie Nägeli und Schwendener meinen, sich auch als ringförmige Einfaltung des Primordialschlauches auffassen liesse. [2]) Die Hautschichtplatte wird in pflanzlichen Zellen als solche meist simultan zwischen den Kernfäden gebildet und tritt, wie ich an so vielen Stellen beobachten konnte, nicht einmal sofort als continuirliche Platte, vielmehr zuvor in Gestalt meist durch die Kernfäden isolirter Körner in die Erscheinung. Ja ich musste bei meinen früheren Untersuchungen zu der Ueberzeugung gelangen, dass auch da in pflanzlichen Zellen, wie etwa im Extrem bei Spirogyra, wo die Theilung von aussen nach innen fortschreitet, nicht eine Einfaltung der peripheren Hautschicht, vielmehr secundäre, von aussen nach innen fortschreitende Bildung einer neuen Hautschichtplatte vorliegt.

Dass übrigens auch in thierischen Zellen Einfaltung nicht der einzige Theilungsmodus ist, das lehrten mich schon früher meine Beobachtungen am Netzknorpel [3]), das zeigte mir nun ebenfalls ein Präparat des Herrn Dr. W. Mayzel. In dem Epithel der Hornhaut des Sperlings gehen die Theilungen sicher durch simultane Bildung einer Zellplatte [4]), wie sonst in pflanzlichen Zellen vor sich (Fig. 63, Taf. VII).

Ebenso theilen sich, wie aus den Schilderungen und Abbildungen E. Van Beneden's hervorgeht, die Zellen der Dicyemidenkeime. [5]) Die Zellplatte wird hier sehr schön in den Kernfäden

---

[1]) Studien über die ersten Entwickelungsvorgänge der Eizelle, die Zelltheilung und die Conjugation der Infusorien, 1876.

[2]) Das Mikroscop, 2. Aufl. 1877, p. 553.

[3]) Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 208.

[4]) Vergl. des Weiteren bei Mayzel Gaz. Lek. Nr. 27. 1876.

[5]) Bulletins de l'Ac. roy. de Belg. 2. sér. T. XLI, Nr. 6 et T. XLII Nr. 7. 1876.

Digitized by Google

entwickelt; das Zellplasma schnürt sich soweit ein, bis es den Rand der Zellplatte erreicht, und nun erfolgt die weitere Theilung durch Spaltung der letzteren. Die beiden Zellen bleiben verbunden mit eben dem Theile ihrer Oberfläche, der aus der Theilung der Zellplatte hervorging. [1]) Wir sahen somit im Thierreich beide Fälle der Zelltheilung vertreten, durch Einfaltung der peripheren Hautschicht und durch Bildung einer Hautschichtplatte. Das Froschei theilt sich, wie O. Hertwig zeigt [2]), nach dem ersten Modus, dass dieser erste Theilungsmodus aber die Existenz des zweiten nicht ausschliesst, glaube ich hiermit gezeigt zu haben.

Die Fig. 64—71 Taf. VII stammen aus dem vorderen Epithel der Hornhaut des dunklen Triton cristatus und sind einem mit Chromsäure (1:300) behandelten Präparate entnommen. Das Epithel war mit dem Messer abgehoben worden und hatte sich vollständig regenerirt.

Wie der Vergleich dieser Figuren mit denjenigen von Nothoscordum lehrt, herrscht eine grosse Uebereinstimmung zwischen denselben. Doch sind hier die Pole der Kernspindeln nicht wie dort zugespitzt, sondern sogar concav, was einigermassen an die Verhältnisse bei Spirogyra erinnert. Die Theilung der Spindel (Fig. 68) und die weitere Ausbildung der Kerne (Fig. 70, 71) geht hier ganz ebenso wie bei Nothoscordum vor sich, doch erfolgt die Zelltheilung nicht wie dort durch die Bildung einer Zellplatte, sondern durch Einschnürung (Fig. 70, 71). Besonders elegante Bilder geben die von oben gesehenen Kernspindeln (Fig. 67) [3]).

Ein ähnlicher Vorgang der Kerndifferenzirung hat jedenfalls auch Balbiani in den Epithelialzellen des Eierstocks der Larve von Stenobothrus pratorum vorgelegen, seine Beschreibung passt fast vollständig auf den eben geschilderten Fall [4]).

Früher hatte denselben bereits Schneider in den Sommereiern und den Spermatozoidmutterzellen von Mesostomum Ehrenbergii gesehen. [5])

Ganz auffallend war an dem Mayzel'schen Präparate von Triton cristatus der Zustand vor der Spindelbildung in den Kernen markirt. Es sondert sich in denselben die starklichtbrechende

---

[1]) Des Separatabdruckes p. 65.

[2]) Morph. Jahrb. 3, p. 48 und 49 Anm.

[3]) Vergl. auch Mayzel in Gazeta lekarska Nr. 26, T. XXII. 1877.

[4]) Gaz. médic. de Paris 1876, p. 565 und Comptes rendus etc., 30. Oct. 1876.

[5]) Vierzehnter Bericht der oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Giessen 1873, p. 114 u. 117, Tafel V, Fig. 5 u. 8.

Digitized by Google

Substanz gegen die schwachlichtbrechende in Gestalt kleiner gewundener Stäbchen, die einen unregelmässigen Verlauf, doch regelmässige Vertheilung zeigen und charakteristische Bilder geben, die mit Scheitelansichten der Spindeln Aehnlichkeit haben (Fig. 65).

Auf diese einleitende Differenzirung der Kernsubstanz „in hellen Saft und glänzende Körner und Faden" in Hornhäuten hat neuerdings auch J. C. Eberth hingewiesen.[1]) Zu der gleichen Zeit wird die Kernmembran aufgelöst. Auch die Angaben Eberth's über die weiteren Theilungsstadien lassen sich mit den unsrigen meist vereinigen; doch kann ich seiner Ansicht nicht beipflichten, dass der Zellkern sich gleichzeitig auch in mehr als zwei Stücke theilen könnte. Ausserdem hebe ich nochmals hervor, dass ich die ganze protoplasmatische Kernsubstanz in die Bildung der Theilungsspindel eingehen lasse, in den hellen Säumen, die sich um wasserreiche Kerne bilden (Fig. 58, Taf. VII), aber nur ausgestossenen Kernsaft erblicke. Es hat eben in solchen Fällen eine Verdichtung der Kernsubstanz stattgefunden, die mit Wasserausscheidung verbunden ist. Diesen Kernsaft kann ich nicht als wesentlichen Rest des alten Kernes anerkennen. Die periphere Abgrenzung des hellen Saumes wird vom umgebenden Protoplasma besorgt, da ja, wie fast allgemein anerkannt, die Kernhülle zuvor gelöst wurde. Diese periphere Abgrenzung kann sehr unvollständig sein (Fig. 57) und auch ganz fehlen (Fig. 56), wenn das umgebende Protoplasma den Kernsaft aufgenommen, also in denselben vorgedrungen ist.

Von grossem Interesse dürfte es sein, dass es W. Mayzel nunmehr gelang, die intimen Vorgänge der Kerntheilung an einem lebenden thierischen Objecte, wenn auch nur in vorgerückteren Stadien, direct zu verfolgen[2]). Er sah den Vorgang sich im Epithel des Schwänzchens einer Larve von Triton cristatus abspielen. Die zuerst beobachtete Zelle begann sich eben einzuschnüren, die fortschreitende Einschnürung führte bald zur völligen Trennung in zwei Schwesterzellen. Während der Einschnürung veränderten die beiden Schwesterzellen unaufhörlich ihre gegenseitige Lage, und gleichzeitig drängten sich langsam die benachbarten Zellen in den Raum hinein, der durch die Einschnürung geschaffen wurde. Eine andere beobachtete Zelle wurde nicht eingeschnürt, vielmehr sah man Vacuolen in der Theilungsebene, von der Peri-

[1]) Virchow's Archiv für pathologische Anat. u. Phys. etc., Bd. LXVII Taf. XVIII—XX.

[2]) Gazeta lekarska, Nr. 26, T. XXII. 1877.

Digitized by Google

pherie nach dem Innern fortschreitend, langsam sich bilden und schliesslich die Theilung vollziehen. Die Zellkerne bleiben hier, so lange sie ruhen, in den lebenden Zellen unsichtbar, merkwürdiger Weise treten sie in die Erscheinung, wenn sie in den Theilungszustand übergehen [1]): also umgekehrt als wie in pflanzlichen Zellen. In den beiden zur Beobachtung gekommenen Fällen waren die Zellkerne schon getheilt, sie bildeten, so wie es unsere Abbildungen (Fig. 68, 69, 70 Taf. VII) für die Hornhaut desselben Triton zeigen, körbchenähnliche Gebilde aus mattglänzenden Stäbchen. Diese Stäbchen wurden merklich kürzer während der fortschreitenden Zelltheilung, sie wurden dünner an den inneren Enden, dicker an den nach aussen gekehrten. Hier sah man sie alsbald unregelmässig verschmelzen. Die verschmolzene Masse veränderte deutlich ihre Gestalt und bildete sich schliesslich zu einem rundlichen Körper aus, der nach vollzogener Zelltheilung aus der Erscheinung schwand.

Ich darf diesen Theil nicht abschliessen, ohne auf die Beobachtungen hinzuweisen, die R. Hertwig an den sich theilenden Kernen von Spirochona gemmipara zu machen Gelegenheit hatte. [2]) Diese Kerne zeigen während der Theilung fünf Abschnitte: eine mittlere nicht gestreifte Zone, zwei seitliche gestreifte Partien und zwei homogene Endplatten. [3]) Dem entsprechend, meint R. Hertwig, besteht auch der thierische und pflanzliche Zellkern auf einem bestimmten Stadium der Theilung aus fünf Stücken, der Kernplatte, den beiden Streifensystemen und den Polspitzen. Freilich weist R. Hertwig selbst sofort auf die Differenzen hin. Namentlich der mittlere nicht gestreifte Kernabschnitt unterscheidet sich von der Kernplatte dadurch, dass er schwindet in dem Maasse als sich die Streifung ausbreitet. Die Substanz der Endplatten bei Spirochona verhält sich aber ganz ähnlich wie sonst die Polsubstanz an den Zellkernen, nur dass hier die Ansammlung dieser Substanz viel beträchtlicher ist. Die mittlere ungestreifte Zone hebt sich durch Einschnürung gegen die streifigen Partien ab; dann zieht sie sich in die Länge und bildet einen cylindrischen Strang, der die beiden kugelförmigen Enden des Kerns verbindet. Die Streifung setzt sich inzwischen auf das Verbindungsstück fort und nur in der Mitte desselben erhält sich eine dichtere, ungestreifte Stelle, ein Rest der mittleren Kernzone. Das Verbindungs-

[1]) Ueb. ähnliches Verhalten im Humor aqueus verg. Mayzel. Cbl. 17. Mr. 1877

[2]) Jenaische Zeitschrift für Naturwiss., Bd. XI, p. 149. 1877.

[3]) l. c., p. 166; p. 178.

Digitized by Google

stück zieht sich mehr und mehr zu einem Faden aus, bis sich in der Mitte der Zusammenhang löst.

Es liegt hier also, wie wir sehen, eine besondere Modification der Kerntheilung vor.

Wichtig ist es, dass auch im Kern von Spirochona die Kernsubstanz in kleinere Stückchen zerfällt, bevor sie in die streifige Differenzirung eingeht. Es ist das dieselbe vorbereitende Action, von der wir in anderen Kernen gesprochen. Ganz derselbe Vorgang wiederholt sich bei Nebenkernen der Infusorien und ist da von Bütschli für Euplotes Charon geschildert worden [1]). O. Hertwig [2]) hat ihn auch im Ei der Hirudineen, Schneider [3]) in den Sommereiern und den Spermatozoidmutterzellen von Mesostomum Ehrenbergii gesehen.

R. Hertwig macht darauf aufmerksam, dass bei Spirochona die Theilungsstadien des Kerns in keinem unmittelbaren Verhältniss zu der Bildung der Knospe stehen, für welche der eine Schwesterkern bestimmt ist, in einem Worte, dass hier keine unmittelbare Beziehung der Kerntheilung zu den Vorgängen im umgebenden Protoplasma sich äussert. Ebenso hatte Bütschli schon gezeigt, dass bei Podophrya quadripartita der Schwärmsprössling bereits einen Wimperkranz und eine contractile Vacuole besitzt, da ein Fortsatz des mütterlichen Kerns noch gar nicht in denselben eingewachsen [4]).

Es liegt hier, meine ich, ein ähnliches Verhältniss wie bei Spirogyra orthospira vor, wo Kerntheilung und Zelltheilung zu von einander unabhängigen Vorgängen geworden sind [5]).

Neuerdings hat Mikosch [6]) Beobachtungen über die Vermehrung der Chlorophyllkörner veröffentlicht, welche nach des Verfassers Ansicht zeigen, dass auch innerhalb des Chlorophyllkerns bei der Theilung sich eine Art Polarität ausbildet.

Die Chlorophyllkörner des unter der Endodermis gelegenen parenchymatischen Gewebes der Luftwurzel von Hartwegia comosa haben linsenförmige Gestalt. Sobald sie eine bestimmte Grösse erreicht, beginnen sie sich zu theilen. Das anfangs gleichmässig gefärbte Korn wird an zwei gegenüberliegenden Polen stärker

---

[1]) l. c., p. 122.
[2]) Morph. Jahrb., Bd. II, p. 11 u. ff.
[3]) l. c., p. 114.
[4]) Jenaische Zeitsch. f. Naturwiss., Bd. X, Heft 3.
[5]) Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 50.
[6]) Oesterr. bot. Zeitschrift, Jahrg. 1877, Nr. 2.

Digitized by Google

tingirt, während sich die Mittelzone allmählich entfärbt. An den grün gefärbten Stellen sammeln sich auch die zuvor gleichmässig im Korn vertheilten starklichtbrechenden Tröpfchen. Dann wächst das ganze Korn in die Länge, an den Polen stärker als in der Mitte, es wird biscuitförmig. Bald treten scharfe Grenzlinien an den gefärbten Theilen gegen den farblosen mittleren Theil hervor. Die beiden polaren Partien rücken immer weiter von einander, die mittlere farblose Plasmazone wird immer schwächer, bis sie endlich ganz verschwindet, womit die Theilung beendet ist.

Andere Körner derselben Pflanze, durch geringere Grösse und schwache Contourirung von den ersteren unterschieden, bilden eine mittlere, farblose Zone nicht aus; die Theilung erfolgt durch Einschnürung der durchgehend grün gefärbten Masse. Wie im ersten Falle haben sich auch in diesem die tropfenförmigen Einschlüsse des Chlorophyllkorns zuvor an zwei gegenüberliegenden Punkten angesammelt.

Während meines Aufenthaltes in Nizza konnte ich mich überzeugen, dass die Streifensysteme, die in den Chlorophyllkörnern der Bryopsis sichtbar zu machen sind, mit etwaigen Theilungsvorgängen nichts zu thun haben. Meine über die Bedeutung dieser Streifen im Zellenbuche [1]) ausgesprochene Vermuthung hat sich somit nicht bestätigt.

Ueberhaupt bin ich auf Grund weiterer Erfahrungen jetzt zu der Ueberzeugung gekommen, dass sich solide, kernlose Plasmamassen bei der Theilung viel ähnlicher den Zellkernen als den ganzen kernhaltigen Zellen verhalten. Auf diesen Gegenstand hoffe ich bei einer späteren Gelegenheit zurückzukommen.

Nachträgliche Anmerkung zu p. 22.

Ich finde nunmehr, dass auch H. G. Reichenbach in seiner Abhandlung: de pollinis Orchidearum genesi ac structura etc. 1852, zwei Zellkerne in manchen Pollenzellen abbildet (Fig. 48, 72, 78, 93, 129). Er macht auch im Texte auf dieses Vorkommen aufmerksam (p. 13, 14, 17). Ebenso schildert er als häufig eine Theilung der Pollenzellen bei Lycaste aromatica (p. 18 u. Fig. 73) und bei den Cypripedien (p. 17 u. Fig. 128—134); er hebt bei Cypripedium die Aehnlichkeit des so getheilten Pollenkorns mit demjenigen von Pinus Laricio hervor; er bemerkt auch, dass eine Cellulosemembran zwischen den beiden Schwesterzellen fehle. — Der Umstand, dass Reichenbach eine Deutung dieser Vorgänge nicht gab, und dass ihm deren Allgemeinheit auch bei den untersuchten Orchideen entging, mag es verschuldet haben, dass seine hier hervorgehobenen Angaben bisher unberücksichtigt blieben.

[1]) II. Aufl., p. 262.

Digitized by Google

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I.

Fig. 1—8. Spirogyra quinina.

Vergr. 240 Mal.

Fig. 1. Die vegetativen Zellen eines Fadens.
Fig. 2 und 3. Je zwei leiterförmig verbundene Fäden, sich zur Copulation vorbereitend.
Fig. 4—6. Vorgang der Copulation.
Fig. 7. Die Zygote bald nach vollendeter Copulation.
Fig. 8. Rechts die Zygote nach 24 Stunden. In der Mitte oben eine Zelle die von der Copulation ausgeschlossen geblieben war, deren Inhalt sich zygotenähnlich umbildete, bald aber zu Grunde ging. Links ein sistirter Copulationsvorgang.

Fig. 9—21. Marchantia polymorpha.

Fig. 9. Junges Archegonium, bei a von der Seite, bei b von oben gesehen. Vergr. 600.
Fig. 10. Durchschnittsansicht eines etwas älteren Entwickelungszustandes. Vergr. 600.
Fig. 11. Seitenansicht des gleichen Entwickelungszustandes. Theilung der Centralzelle zur Bildung der Halskanalzelle.
Fig. 12 und 13. Weitere Zustände. Vergr. 600.
Fig. 14. Noch weiter vorgerückt; bei a 240 Mal vergrössert; bei b 600 Mal, um die Theilung des Eies zur Bildung der Bauchkanalzelle deutlicher zu zeigen.
Fig. 15—17. Weitere Zustände bis zur Reife. Fig. 16 mit 1% Osmiumsäure, dann mit Carmin behandelt. Vergr. 240.
Fig. 18. Eben geöffnetes Archegonium, das Ei abgerundet. Vergr. 240.
Fig. 19. Spermatozoiden mit 1% Osmiumsäure fixirt.
Fig. 20. Nach vollzogener Befruchtung; das Ei von einer Cellulosemembran umgeben; um den Zellkern zahlreiche Stärkekörnchen. Der Halskanal im oberen Theil geschlossen. Vergr. 240.
Fig. 21. Das Ei getheilt, etwa 14 Tage nach der Befruchtung. Der obere Theil des Halses verschrumpft und abgestorben. Das Perigon im Anwachsen. Vergr. 240.

Digitized by Google

Fig. 22 und 23. Zamia integrifolia.

Vergr. 240.

Fig. 22 und 23. Schlauchbildende Pollenkörner. Der Zellkern der Pollenzelle wandert in das Schlauchende, die vegetativen Zellen werden rückgebildet. Mit 1% Osmiumsäure und Carmin behandelt.

Fig. 24—27. Picea vulgaris.

Vergr. 240.

Fig. 24. Ein reifes Pollenkorn.
Fig. 25. Schlauchbildung in reinem Zuckerwasser; n, der Zellkern; v, die vegetative Zelle.
Fig. 26. Schlauchbildung in Zuckerwasser nach Zusatz von Thymol; n, der Zellkern.
Fig. 27. Schlauchbildung im Nucellus. Die Schlauchspitze hat bereits den Embryosack erreicht, zwei Zellen in derselben.

Fig. 28—31. Juniperus virginiana.

Vergr. 240.

Nach Alcohol-Präparaten.

Fig. 28. Zwei Zellen in der Pollenschlauchspitze.
Fig. 29. Die vordere Zelle in Theilung.
Fig. 30. Mehrere Kerne in der vorderen Zelle.
Fig. 31. Die Zellen im Augenblicke der Befruchtung. Die vorderen Zellen in Auflösung begriffen, die hinteren noch erhalten.

Fig. 32—40. Allium fistulosum.

Fig. 32. Junges Pollenkorn vor der Theilung. Vergr. 600.
Fig. 33 und 34. Nach der Theilung. Vergr. 600.
Fig. 35. Metamorphose des einen Kerns. Vergr. 600.
Fig. 36. Metamorphose beider Kerne. Vergr. 600.
Fig. 37. Schlauchbildung; die beiden Kerne drängen sich eben in den Schlauch. Vergr. 240.
Fig. 38. Schlauchspitze auf späterem Entwickelungszustande, beide Zellkerne in derselben. Vergr. 600.
Fig. 39. Theil aus dem Schlauch mit den beiden Kernen. Vergr. 600.
Fig. 40. Verschluss der Schläuche nach Rückwärts. Vergr. 600.

Fig. 41—44. Platanthera bifolia.

Vergr. 600.

Fig. 41. Junge Pollenzellen vor der Theilung.
Fig. 42. Während der Theilung.
Fig. 43 und 44. Nach vollendeter Theilung.

Digitized by Google

Fig. 45—47. Orchis fusca.

Vergr. 600.

Fig. 45. Reife Pollenzellen mit je zwei Kernen.
Fig. 46. Bildung des Pollenschlauches; Einwandern der Kerne in dieselben.
Fig. 47. Spitze eines aus dem Fruchtknoten herauspräparirten Schlauches.

Taf. II.

Fig. 48—52. Narcissus poëticus.

Vergr. 240.

Fig. 48. Junge Pollenzellen während der Theilung.
Fig. 49. Mit zwei noch unveränderten Zellkernen.
Fig. 50. Der eine Zellkern nimmt die Spindelform an.
Fig. 51 und 52. Die Spindel ausgebildet; in Fig. 51 von der Seite, in Fig. 52 von oben zu sehen.

Fig. 53—62. Rheum hybridum.

Vergr. 600.

Fig. 53 und 54. Junge Pollenzellen vor der Theilung. Mit 1% Osmiumsäure behandelt.
Fig. 55—57. Theilungszustände. Mit 1% Osmiumsäure behandelt.
Fig. 58—61. Nach vollendeter Theilung.
Fig. 62. Die beiden Zellkerne frei im reifen Pollenkorn.

Fig. 63—65. Gloxinia hibrida.

Vergr. 600.

Fig. 63. Junges Pollenkorn vor der Theilung.
Fig. 64. Nach der Theilung.
Fig. 65a. Reifes Pollenkorn zerquetscht, die beiden Kerne zeigend.
Fig. 65b. Die beiden Kerne herausgedrückt.

Fig. 66—67. Monotropa Hypopitys.

Vergr. 600.

Fig. 66. Junges Pollenkorn eben getheilt.
Fig. 67. Schlauchbildung nach 6 Stunden; die beiden Zellkerne im Schlauche. Mit 1% Osmiumsäure und Carmin behandelt.

Fig. 68. Pyrola rotundifolia.

Vergr. 600.

Fig. 68. Eine Pollentetrade während der Theilung.

Digitized by Google

Fig. 69—71. Picea vulgaris.

Vergr. 100.

Fig. 69—71. Eier während der Befruchtung. In Fig. 69 der Spermakern noch an der Pollenschlauchspitze; in Fig. 70 etwas von derselben entfernt; in Fig. 71 Eikern und Spermakern in Verschmelzung begriffen. Nach Alcohol-Präparaten.

Fig. 72—91. Orchis pallens.

Fig. 84 ist 240 Mal, die übrigen 600 Mal vergrössert.

Fig. 72—82. Die auf einander folgenden Entwickelungsvorgänge am und im Embryosack. Nach Alcohol-Präparaten.

Fig. 83 und 84. Nach erfolgter Anlage des Eiapparats und der Gegenfüsslerinnen, noch vor Verschmelzung der beiden Embryosackkerne.

Fig. 85—87. Der empfängnissfähige Zustand. In Fig. 86 noch zwei Kernkörperchen im Embryosackkern. Die drei Figuren in verschiedener Lage, um das Verhältniss des Eies zu den beiden Gehülfinnen deutlich zu machen.

Fig. 88. Beginn der Befruchtung. Die eine Gehülfin bereits verändert. Der Pollenschlauch ausnahmsweise in den Embryosack eingedrungen.

Fig. 89. Die Gehülfinnen völlig verändert. Zwei Zellkerne im Ei. Alcohol-Präparat.

Fig. 90. Verschmelzung der beiden Zellkerne im Ei. Alcohol-Präparat.

Fig. 91. Die beiden Zellkerne verschmolzen. Alcohol-Präparat.

Taf. III.

Fig. 92—98. Orchis pallens.

Vergr. 600.

Fig. 92. Der Keimkern tritt in Theilung ein. Der Embryosackkern und die Gegenfüsslerinnen noch vorhanden.

Fig. 93. Das Ei getheilt. Der Embryosackkern im Schwinden.

Fig. 94. Die Kerne der zweizelligen Keimanlage und der Embryosackkern mit je zwei Kernkörperchen.

Fig. 95. Zweizellige Keimanlage; der Embryosackkern und die Gegenfüsslerinnen geschwunden. Trotz normaler Entwickelung des Embryosackes die Integumente unentwickelt geblieben.

Fig. 96. Theilungszustand der unteren Keimzelle, zwei Kernkörperchen in der oberen Keimzelle. Der Embryosackkern erhalten.

Fig. 97. Dreizellige Keimanlage.

Fig. 98. Weiter vorgeschrittener Embryo.

Fig. 99—104. Gymnadenia conopsea.

Vergr. 600.

Fig. 99 und 100. Vor der Befruchtung. Fig. 99 Frontansicht, Fig. 100 Seitenansicht.

Digitized by Google

Fig. 101—104. Vorgang der Befruchtung. In Fig. 101 der Pollenschlauch noch intact; in Fig. 102 im hinteren Theile zusammengedrückt. In derselben Figur zwei Kernkörperchen im Keimkern.

Fig. 105—119. Monotropa Hypopitys.

Vergr. 600.

Fig. 105—110, 112—115. Auf einander folgende Entwickelungszustände im Embryosack. Fig. 105 erste Theilung des Proembryosackkerns, Fig. 106 die zwei Zellen über dem Embryosack, Fig. 107 Theilung des Embryosackkerns, Fig. 108 nach vollendeter Theilung, Fig. 109 und 110 Theilung der beiden Kerne, Fig. 112 und 113 zwei Kerne vorn, zwei hinten im Embryosack, Fig. 114 Theilung dieser Kerne, Fig. 115 Anlage der drei Zellen des Eiapparates und der drei Gegenfüsslerinnen. Die Präparate kurz vor Beginn der Beobachtung mit 1% Osmiumsäure behandelt.

Fig. 111. Integumentzelle deren Kern sich zur Theilung vorbereitet.

Fig. 116—119. Fertige Zustände noch vor Vereinigung der beiden Embryosackkerne.

Taf. IV.

Fig. 120—140. Monotropa Hypopitys.

Fig. 123 ist 240 Mal vergrössert, die übrigen 600 Mal.

Fig. 120. Kurz vor Vereinigung der beiden Embryosackkerne.

Fig. 121. Nach Vereinigung derselben, die Kernkörperchen noch getrennt.

Fig. 122—124. Weitere Ansichten fertiger Zustände. In Fig. 123 das ganze Eichen bei schwächerer Vergrösserung.

Fig. 125—129. Der Vorgang der Befruchtung. Verhalten der Gehülfinnen, Auftreten des Spermakerns im Ei und Verschmelzung desselben mit dem Eikern.

Fig. 130. Ungewöhnlicher Fall der Verschmelzung zweier Spermakerne mit dem Eikern.

Fig. 131—138. Die bald erfolgende oder längere Zeit noch ausbleibende Verschmelzung der Kernkörperchen zeigend, dann das schlauchförmige Auswachsen des Eischeitels und der Beginn der Endospermbildung. In Fig. 132, 135, 138 schöne Beispiele für den Vorgang der Kerntheilung.

Fig. 139. Eine Endospermzelle in Theilung.

Fig. 140. Die Keimanlage hat die Wand durchbrochen, welche die beiden vorderen Endospermzellen trennte.

Fig. 141—146. Pyrola rotundifolia.

Vergr. 600.

Fig. 141—144. Fertige Zustände des Embryosacks in verschiedenen Ansichten.

Fig. 145 und 146. Vorgang der Befruchtung.

Digitized by Google

Taf. V.

Fig. 1—12. Ornithogalum nutans.

Fig. 1. Junger Embryosack mit 3 Zellen im Eiapparat und 3 Gegenfüsslerinnen. Noch 2 Zellkerne im Embryosack. Vergr. 240.

Fig. 2. Eben solcher Embryosack mit 2 Zellen im Eiapparat. 3 Gegenfüsslerinnen. Vergr. 240.

Fig. 3. Der Eiapparat von zwei Gehülfinnen und einem Ei gebildet. Vergr. 240.

Fig. 4. Die zu demselben Embryosack wie in 3 gehörigen Gegenfüsslerinnen. Vergr. 240.

Fig. 5. Die 3 Zellen des Eipparats in anderer Lage. Vergr. 240.

Fig. 6. Nur zwei Zellen im Eiapparat, die linke das Ei. Vergr. 240.

Fig. 7. Ausnahmsweise gesteigerte Zahl der Gegenfüsslerinnen. Vergr. 240.

Fig. 8. Das ganze Eichen im Längsschnitt; nur zwei Zellen im Eiapparat; eine der Gegenfüsslerinnen verdeckt. Der Funiculus durch das Messer von dem Körper des Eichens theilweise abgehoben. Vergr. 100.

Fig. 9. Ein aus zwei Zellen bestehender Eiapparat nach vollzogener Befruchtung. Ei (links) und Gehülfin (rechts) von Cellulosemembran umgeben. Oben der Pollenschlauch. Vergr. 240.

Fig. 10. Nach vollzogener Befruchtung. Nur das Ei von Cellulosemembran umgeben. Vergr. 240.

Fig. 11. Der Pollenschlauch ist in den Embryosack eingedrungen und zeigt eigenthümliche Auswüchse. Vergr. 600.

Fig. 12. Längere Zeit nach vollzogener Befruchtung. Das Ei in eine mehrzellige Embryonalanlage verwandelt, die Gehülfin noch immer erhalten, von Cellulosemembran umgeben, doch ihr Inhalt verschrumpft. Nach einem Präparat meines Schülers, des Herrn Pabst. Vergr. 240.

Fig. 13—22. Gladiolus communis.

Vergr. 240.

Fig. 13. Der Eiapparat aus einem Ei und zwei Gehülfinnen bestehend.

Fig. 14 und 15. Derselbe in anderen Lagen.

Fig. 16. Das Ei künstlich von den Gehülfinnen getrennt.

Fig. 17. Die 3 Gegenfüsslerinnen.

Fig. 18. Nach vollzogener Befruchtung durch zwei Pollenschläuche. Nur die Embryosackanlage vorhanden, die Gehülfinnen geschwunden.

Fig. 19a und 19b. Dasselbe Präparat in zwei verschiedenen Lagen und zwar 19b um 90° gegen 19a gedreht. Zwei Pollenschläuche. Von den Gehülfinnen nur der vordere fadenförmig differenzirte Theil noch erhalten.

Fig. 20. Aehnliches Object mit nur einem Pollenschlauche.

Fig. 21. Das Ende des einzigen Pollenschlauches in einiger Entfernung von dem befruchteten Ei geblieben.

Fig. 22. Zwei Pollenschläuche. Das Ende des einen besonders stark gequollen.

Digitized by Google

Fig. 23 und 24. Crocus vernus.

Vergr. 240.

Fig. 23 und 24. Zwei frei gelegte Eiapparate in verschiedener Lage.

Taf. VI.

Fig. 25—29. Funkia ovata.

Fig. 25. Der Eiapparat. Vergr. 600.
Fig. 26. Die Gegenfüsslerinnen; über denselben der Embryosackkern. Vergr. 600.
Fig. 27 und 28. Während der Befruchtung. Vergr. 600.
Fig. 29. Bildung der Adventivembryonen aus dem Nucellargewebe. O das befruchtete, in die Embryosackhöhlung zurückgedrängte Ei. Vergr. 240.

Fig. 30. Funkia cucullata.

Fig. 30. Junge Embryonalanlage. Vergr. 240.

Fig. 31 und 32. Nothoscordum striatum.

Fig. 31. Längsschnitt durch den ganzen Nucellus; den Eiapparat, den Embryosackkern und die Gegenfüsslerinnen zeigend. Von den Gehülfinnen deckt die eine die andere. Vergr. 240.
Fig. 32. Der Eiapparat so gestellt, dass beide Gehülfinnen zu sehen sind. Vergr. 240.

Fig. 33—39. Nothoscordum fragrans.

Vergr. 240.

Fig. 33. Junger Zustand nach vollendeter Anlage des Eiapparats und der Gegenfüsslerinnen vor erfolgter Verschmelzung der beiden Embryosackkerne. Die innere Lage des Nucellargewebes ist auch noch nicht resorbirt.
Fig. 34. Etwas älterer Zustand. Die innere Lage des Nucellargewebes meist resorbirt, die Zellen der äusseren in tangentialer Theilung.
Fig. 35. Ein durch die Theilung der äusseren Nucellarschicht entstandenes Gewebepolster umfasst den Eiapparat. Die streifige Differenzirung der vorderen Hälfte der Gehülfinnen schön zu sehen.
Fig. 36. Eben solcher Zustand, doch nach Verdrängung der an das vordere Ende der Gehülfinnen anstossenden Nucellarzelle.
Fig. 37. Ein ähnlicher Zustand, doch bei höchster Einstellung, die Zellen des Nucellar-Gewebepolsters über der dem Beobachter zugekehrten Fläche des Eiapparates zeigend.
Fig. 38. Der Eiapparat in der Lage, dass eine Gehülfin die andere deckt.
Fig. 39. Bei höherer Einstellung, die dem Beobachter zugekehrten Zellen des Nucellar-Polsters zeigend. Die hinteren Theile des Eiapparates sind tiefer ebenfalls zu sehen.

Digitized by Google

Taf. VII.

Fig. 40—55. Nothoscordum fragrans.

Fig. 40—45 240 Mal, Fig. 46—55 600 Mal vergrössert.

Fig. 40. Die Gehülfin jedenfalls unter dem Einfluss der Befruchtung verändert. Beginnende Theilung im Nucellarpolster.

Fig. 41—43. Die Theilungen im Nucellarpolster bei verschiedener Einstellung und verschiedener Lage des Eiapparates.

Fig. 44. Die aus dem Nucellarpolster hervorgegangenen Adventiv-Embryonen von der Embryosackhöhlung aus gesehen. Die mit O bezeichnete Anlage aus dem befruchteten Ei wahrscheinlich hervorgegangen. Die mit G bezeichnete, ungetheilte Zelle, wohl noch eine erhaltene Gehülfin. Der innere Raum, um welchen die Adventiv-Embryonen, so wie die Embryonal-Anlage gruppirt erscheinen, entspricht der von den vorderen Hälften der Gehülfinnen eingenommenen trichterförmigen Höhlung.

Fig. 45. Noch weiter vorgerückter Zustand, im Längsschnitt.

Fig. 46. Der Kern aus einem jungen Embryosack vor Eintritt in den Theilungszustand. Es hat sich die protoplasmatische Kernsubstanz vom Kernsaft getrennt. Dieselbe Differenzirung zeigt auch das Kernkörperchen.

Fig. 47. Aehnlicher Zustand des Kerns in einer Integumentzelle.

Fig. 48. Der Kern in den Spindelzustand eingetreten.

Fig. 49. Trennung der beiden Spindelhälften.

Fig. 50—53. Weitere Ausbildung der Schwesterkerne und Anlage der Zellplatte.

Fig. 54. Nach vollendeter Theilung.

Fig. 55. Ungewöhnliche Ausbildung einer Kernspindel. Eine Kernplatte wurde diesmal angelegt, die Elemente derselben aber grösstentheils aus der Spindel gedrängt.

Fig. 56—61. Endothel des Frosches.

Nach Präparaten von W. Mayzel.

Vergr. 600.

Fig. 56. Kernspindel. Die Kernplattenelemente ringförming im Aequator um die Spindel angeordnet.

Fig. 57. Unvollständiger Hof um die Spindel vorhanden.

Fig. 58. Vollständiger Hof um die Spindel.

Fig. 59—61. Auf einander folgende Zustände der Zelltheilung durch Einschnürung; ausserdem die weitere Ausbildung der Schwesterkerne und das Verhalten der Kernfäden zeigend.

Fig. 62 und 63. Epithel der Hornhaut des Sperlings.

Nach Präparaten von W. Mayzel.

Vergr. 600.

Fig. 62. Kernplatte. Die Kernspindel deutlich, die Fasern kaum zu unterscheiden.

Fig. 63. Zelltheilung durch Einschaltung einer Zellplatte.

Digitized by Google

Fig. 64–71. Epithel der Hornhaut des Triton.
Nach Präparaten von W. Mayzel.
Vergr. 600.

Fig. 64. Zelle und Zellkern im Ruhezustand.
Fig. 65. Der Zellkern in vorbereitende Differenzirung der dichten und wässerigen Bestandtheile eintretend.
Fig. 66. Die Kernspindel von der Seite.
Fig. 67. Die Kernspindel von oben.
Fig. 68. Trennung der beiden Spindelhälften.
Fig. 69, 70, 71. Auf einander folgende Zustände der Kerndifferenzirung und der Zelltheilung durch Einschnürung.

Fig. 72–75. Rosa livida.

Fig. 72. Längsschnitt durch das ganze Eichen bei schwacher Vergrösserung, die Lagerung und das gegenseitige Verhältniss der in Mehrzahl vorhandenen Embryosäcke zeigend.
Fig. 73—75. Auf einander folgende Zustände der Embryosack-Anlagen. Vergr. 240.

Fig. 76. Capsella Bursa pastoris.

Fig. 76. Durch freie Zellbildung entstehendes Endosperm. Vergr. 600.

Fig. 77. Cheiranthus Cheiri.

Fig. 77. Eiapparat; 600 Mal vergrössert.

Fig. 78—81. Delphinium villosum.

Fig. 78. Junger Embryosack bald nach Anlage des Eiapparats und der Gegenfüsslerinnen. Vergr. 240.
Fig. 79 und 80. Der Eiapparat, 600 Mal vergrössert.
Fig. 81. Bei a der Eiapparat, bei b die Gegenfüsslerinnen aus demselben Embryosack, 240 Mal vergrössert.

Taf. VIII.

Fig. 1—21. Torenia asiatica.
Fig. 1 ist 100 Mal, die anderen 600 Mal vergrössert.

Fig. 1. Ein Eichen.
Fig. 2. Der Eiapparat vor begonnener Bildung der Cellulosekappen an den Gehülfinnen.
Fig. 3—7. Auf einander folgende Zustände der Kappenbildung bis zum fertigen Zustande.
Fig. 8 und 9, Der Eiapparat in der Lage, wo eine Gehülfin die andere deckt. Die Embryosackwand über den Kappen resorbirt.

Digitized by Google

Fig. 10, 11, 13, 16, 21. Während der Befruchtung. Der Pollenschlauch ist nicht zwischen die Gehülfinnen vorgedrungen.
Fig. 12, 14, 15, 17, 18. Während der Befruchtung. Der Pollenschlauch ist zwischen die Gehülfinnen vorgedrungen. In Fig. 18 ein Theil des Funiculus im optischen Längsschnitt abgebildet.
Fig. 19, 20. Zwei ähnliche Objecte mit 1% Osmiumsäure behandelt.

Fig. 22. Gloxinia hibrida.

Fig. 22. Während der Befruchtung. Vergr. 600.

Fig. 23—28. Sinningia Lindleyana.
Vergr. 600.

Fig. 23. Der ganze Embryosack mit Eiapparat und Gegenfüsslerinnen.
Fig. 24. Der Eiapparat in der Ansicht, wo eine Gehülfin die andere deckt.
Fig. 25. Ein Ausnahmefall, wo beide Gehülfinnen noch vor der Befruchtung resorbirt worden sind.
Fig. 26. Ein Ausnahmefall, wo das Ei den beiden Gehülfinnen hinten anhängt.
Fig. 27. Ein ähnlicher Fall, noch ausgeprägter.
Fig. 28. Ein Ausnahmefall, wo zwei Eier vorhanden und den beiden Gehülfinnen anhängen.

Fig. 29—31. Gaura biennis.
Vergr. 600.

Fig. 29 und 30. Der Eiapparat in zwei verschiedenen Ansichten.
Fig. 31. Die Gegenfüsslerinnen.

Fig. 32 und 33. Oenothera Drumondii.
Vergr. 240.

Fig. 32 und 33. Vorgeschrittene Zustände nach der Befruchtung, um die Lage der Embryonalanlage im Verhältniss zur Pollenschlauchspitze und das Verhalten der letzteren zu zeigen.

Taf. IX.

Fig. 1 und 2. Viola tricolor.

Fig. 1 und 2. Der Eiapparat in zwei Lagen. In Fig. 2 deckt die eine Gehülfin die andere. Vergr. 600.

Fig. 3 und 4. Scabiosa micrantha.

Fig. 3. Der Eiapparat. Die eine Gehülfin deckt zum Theil die andere. Vergr. 600.
Fig. 4. Die Gegenfüsslerinnen. Vergr. 600.

Digitized by Google

Fig. 5. Scabiosa atropurpurea.

Fig. 5. Der Embryosack sammt dem ihn umgebenden Rahmen. Im Eiapparat deckt die eine Gehülfin die andere. Vergr. 240.

Fig. 6. Ricinus communis.

Fig. 6. Der Eiapparat kurz nach erfolgter Befruchtung; links das Ei. Der Pollenschlauch hatte den Embryosack gar nicht erreicht. Vergr. 600.

Fig. 7—11. Bartonia aurea.

Fig. 7 ist 24 Mal, die anderen 240 Mal vergrössert.

Fig. 7. Das reife Eichen im Längsschnitt.
Fig. 8—10 Auf einander folgende Wachsthumszustände der Gehülfinnen, die gleichzeitige Ausstülpung des Embryosackscheitels veranlassend. In Fig. 8 und 10 liegen die beiden Gehülfinnen neben einander, in Fig. 8 deckt die eine die andere.
Fig. 11. Der fertige Zustand.

Fig. 12—20. Santalum album.

Vergr. 600.

Fig. 12. Die Gehülfinnen gegen die Eier besonders schön markirt, beide Eier gleich entwickelt.
Fig. 13 und 14. Das eine Ei hat das andere zum Theil verdrängt.
Fig. 15a und b. Derselbe Eiapparat in zwei Lagen, die um 90° differiren. Beide Eier gleich entwickelt. Der Embryosack am Scheitel resorbirt.
Fig. 16. Nur die Gehülfinnen sind ausgebildet, statt der Eier nur etwas formloses, schaumiges Protoplasma angesammelt.
Fig. 17. Vorgang der Befruchtung; nur das eine Ei mit Cellulosehaut umgeben, das andere verdrängt.
Fig. 18. Ausnahmsweise beide Eier mit Cellulosehüllen, doch das eine zum Theil schon verdrängt.
Fig. 19. Das befruchtete Ei, scharf gegen die Gehülfinnen abgegrenzt.
Fig. 20. Zwischen dem befruchteten Ei und der Gehülfin eine feste Cellulosehaut gebildet. Dieses Bild nach einem Schacht'schen Präparat gezeichnet, nach demselben hatte Schacht seine Fig. 47 (l. c.) entworfen.

Digitized by Google

Inhaltsverzeichniss.

	Seite
Vorwort	3
Die Copulationsvorgänge bei Spirogyra	5
Methode der Beobachtung	5
Verhalten des Zellkerns	6
Die Zygote	6
Verhalten der Spirogyra Heeriana	7
Verschmelzung der Myxomyceten-Schwärmer	7
Die Copulationsvorgänge bei Acetabularia	9
Gestalt der Gameten	9
Copulation derselben, Bildung der Zygote	9
Verhalten anderer Chlorosporeen	10
Fehlen des Zellkerns in den Gameten von Acetabularia	10
Vergleich mit Ulothrix	11
Beobachtungen an Zanardina	11
Die Befruchtungsvorgänge bei Marchantia polymorpha	12
Entwicklungsgeschichte des Archegonium	12
Methode der Beobachtung	12
Oeffnen der Archegonien	13
Eintritt der Spermatozoiden	13
Verhalten des Eikerns	13
Ausbleiben der Befruchtung	13
Folgen der Befruchtung	13
Theilung des Eies	14
Die Pollenkörner der Phanerogamen	15
Theilungen in den Pollenkörnern der Archispermen	15
Bildung des Schlauches bei Ceratozamia longifolia und Zamia integrifolia	15
Verhalten des Zellkerns	16
Culturen der Pollenkörner von Pinus Pumilio in reinem Zuckerwasser und bei Thymol-Zusatz	16
Verhalten des Zellkerns der grossen Pollenzelle bei Juniperus virginiana	17
Bei Cryptomeria japonica	17
Bei Pinus und Picea	18

Digitized by Google

Seite
Zwei Zellkerne in den Pollenkörnern der Metaspermen . . . 18
Gestalten dieser Kerne 19
Theilungsvorgang in den Pollenkörnern von Allium fistulosum 19
Bei den Orchideen, bei Rheum hibridum 20
Bei Gloxinia hibrida, bei Pyrola rotundifolia 21
Aeltere Angaben Hartig's 12
Bildung des Pollenschlauchs in Wasser und Zuckerlösungen . 22
Schnelligkeit des Wachsthums 23
Protoplasmaströmung in den Schläuchen 23
Verhalten der beiden Zellkerne 23
Entleeren der Schläuche und Abschluss derselben nach rückwärts 24
Die Embryosäcke der Phanerogamen 26
Verhalten der Archispermen 26
Verhältniss zu den höheren Kryptogamen 27
Verhalten der Metaspermen 27
Angaben von Hofmeister 27
Vorgänge im Embryosack von Orchis pallens 29
Im Embryosack von Monotropa 33
Im Embryosack von Pyrola rotundifolia 35
Im Embryosack der Cruciferen 35
Anlage der Embryosäcke bei Rosa livida 36
Vorgänge im Embryosack von Ornithogalum nutans 37
Im Embryosacke von Delphinium villosum 38
Der Eiapparat und die Gegenfüsslerinnen bei Crocus vernus . 39
Bei Gladiolus 39
Bei Allium odorum 41
Bei Nothoscordum striatum 41
Bei Ricinus communis 41
Bei Rheum crassinervium 41
Bei Scabiosa micrantha 41
Bei Scabiosa atropurpurea 42
Bei Gaura biennis 42
Bei Oenothera Drumondii 42
Bei Agrostemma Githago 42
Bei Viola tricolor 42
Bei Helianthemum serpyllifolium 42
Bei Bartonia aurea 43
Bei Gloxinia hibrida und Sinningia Lindleyana 44
Bei Torenia asiatica 45
Abweichungen bei Sinningia 45
Deutung von Santalum album 46
Die Befruchtung der Phanerogamen 50
Die Vorgänge bei Coniferen 50
Verhalten der Zellen im Pollenschlauche bei Juniperus virginiana 51
Verhalten der Pollenschlauchkerne bei Picea vulgaris . . . 51
Vorgang der Befruchtung bei Picea 51

Digitized by Google

Seite
Auffassung dieses Vorgangs 51
Befruchtungsvorgänge bei Metaspermen 52
Bei Torenia asiatica 52
Van Tieghem's Angaben 53
Befruchtungsvorgänge bei Gloxinia hibrida und Sinningia Lindleyana 54
Bei Orchideen, Monotropa, Pyrola 55
Uebertritt des Pollenschlauchinhalts 58
Angaben von Cornu 58
Vorgänge bei Ascomyceten, Flechten, Florideen 59
Angaben von Stahl 59
Der Embryosackscheitel nach erfolgter Befruchtung bei Orchis, Monotropa, Pyrola 59
Befruchtungsvorgang bei Santalum album 59
Beobachtungen an anderen Pflanzen 61
Gladiolus communis und Crocus vernus 61
Ornithogalum nutans 61
Bartonia aurea 61
Oenothera Drumondii 62
Ricinus communis 62
Vorgänge bei Polyembryonie 63
Bei Funkia ovata 63
Verhalten von Funkia cucullata 65
Polyembryonie bei Nothoscordum fragrans 65
Bei Citrus-Arten 67
Bei Caelebogyne ilicifolia 67
Weitere Folgen der Befruchtung im Embryosack der Phanerogamen 69
Verhalten der Archispermen 69
Anlage des Embryo 69
Das Prothalliumgewebe 69
Verhalten der Metaspermen. Anlage des Embryo 70
Verhalten der Orchideen 70
Bildung des Endosperm bei Monotropa 70
Bei Cruciferen 71
Bei Phaseolus 71
Morphologische Deutung der Entwicklungsvorgänge im Innern der Pollenkörner und der Embryosäcke der Phanerogamen . . . 72
Theilungsvorgänge in den Pollenkörnern der Archispermen und Metaspermen 72
Die Zellen in der Pollenschlauchspitze der Archispermen . . 72
Vorgänge im Embryosack der Archispermen 72
Die Zellen im Embryosack der Metaspermen 73
Schwierigkeiten der Deutung und der Anknüpfung an andere Pflanzengruppen 73
Allgemeines über den Vorgang der Befruchtung 75
Deutung des Vorgangs 75
Für Acetabularia 75
Für Spirogyra 75

Digitized by Google

Seite

Für Marchantia 75
Für Coniferen 76
Für Metaspermen 76
Angaben von O. Hertwig 77
Angaben von Fol 77
Aufnahme nur eines Spermatozoiden 77
Erhalten des Eikerns bis zur Befruchtung 78
Verhalten des Keimkerns 78
Die Richtungskörper 79
Verhalten der Spirogyra 79
Kanalzellen der höheren Kryptogamen 79
Verhalten der Spermatozoiden 79
Kanalzellen der Archispermen 80
Vegetative Zellen in den Pollenkörnern der Archispermen . . 80
Vorgänge im Embryosack der Metaspermen 80
Theilung der Pollenkörner der Metaspermen 81
Die Conjugationsvorgänge der Infusorien 81
Das Verhalten der Bacillariaceen 81
Die Verschmelzung bei niederen Organismen 82

Polyembryonie und Parthenogenesis 82

Anhang über Zelltheilung 84
Theilungsvorgänge im Embryosack von Monotropa bei Anlage des Endosperms 84
Bei Anlage des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen bei Monotropa 84
Bei Orchideen 85
Theilungsvorgänge in den Pollenkörnern der Metaspermen . . 85
In den Integumentzellen von Nothoscordum fragrans . . . 85
Im Endothel der Hornhaut des Frosches 87
Im Epithel der Hornhaut des Sperlings 88
In Dicyemiden-Keimen nach Van Beneden 88
Im Epithel der Hornhaut des Triton 89
In der Larve von Stenobothrus pratorum nach Balbiani . . . 89
In den Sommereiern und Spermatozoidmutterzellen von Mesostomum Ehrenbergii nach Schneider 89
In Hornhäuten nach Eberth 90
Im lebenden Triton nach Mayzel 90
Theilung des Kerns von Spirochona nach R. Hertwig . . . 91
Theilung der Chlorophyllkörner nach Mikosch 92
Streifung der Chlorophyllkörner von Bryopsis 93

Erklärung der Abbildungen 94

G. Pätz'sche Buchdruckerei (Otto Hauthal) in Naumburg a/S.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

1200
S±8b

Digitized by Google

HDI
HW 1EWY R

STRASBURGER
Ueber befruchtung und zelltheilung 1878
1200
St8b

DATE	ISSUED TO

Return this book on or before the last date stamped below

HARVARD UNIVERSITY
WIDENER LIBRARY

Library Bureau Cat. no. 1174

Digitized by Google

Digitized by Google